pod redakcją Waldemara Lewińskiego

GIMNAZJUM

TERAZ BIOLOGIA

edycja 2013

5

terazwiedza

Teraz Biologia 5
Gimnazjum

• Podstawy genetyki • Ewolucja biologiczna
• Podstawy ekologii • Człowiek i środowisko
EDYCJA 2013

pod redakcją Waldemara Lewińskiego

Jan Prokop

Jacek Balerstet

Teresa Borowska

© Copyright by
terazwiedza

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie, rozpowszechnianie lub odsprzedawanie poniższej publikacji w części lub w całości w jakiejkolwiek formie bez wyraźnej pisemnej zgody Wydawcy jest zabronione. Publikacja przeznaczona jest tylko do użytku prywatnego.

Copyright
© Waldemar Lewiński 2013
© Jan Prokop 2013
© Jacek Balerstet 2013
© Teresa Borowska 2013
Menadżer projektu i redaktor prowadzący – Dagmara Lewińska
Opracowanie graficzne projektu – Damian Lewiński
Grafiki – Jacek Balerstet, Damian Lewiński
Projekt okładki – Damian Lewiński
Redakcja techniczna – zespół
© Copyright by Oficyna Wydawnicza „Teraz Wiedza” s.c. 2013
ISBN - 978-83-62757-04-6
Oficyna Wydawnicza „Teraz Wiedza” s.c.
D. Lewińska, D. Lewiński, W. Lewiński
ul. Modrzewiowa 21
84-200 Kąpino
e-mail: kontakt@terazwiedza.pl
www.terazwiedza.pl

Teraz Biologia Gimnazjum

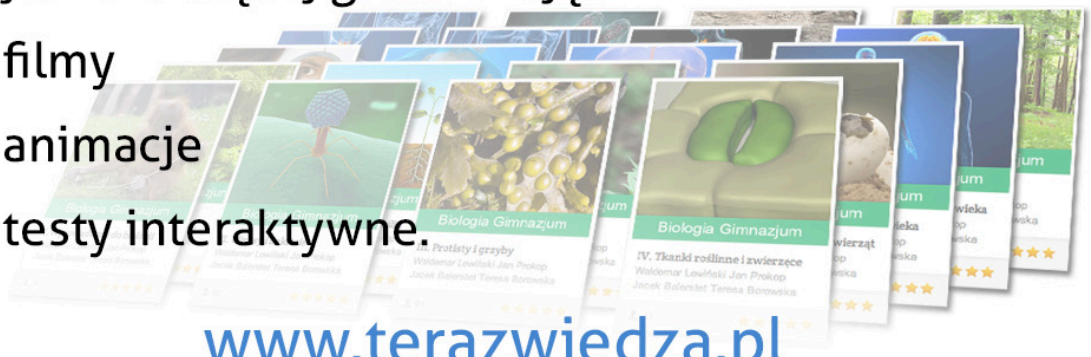
Teraz Biologia Gimnazjum to seria 5 nowoczesnych e-booków przygotowanych przez doświadczony zespół autorów podręczników szkolnych zgodnie z najnowszymi standardami wymagań MEN. Dołożyliśmy wszelkich starań, aby informacje zawarte w e-bookach były napisane w sposób prosty i zrozumiały dla każdego ucznia. Łatwość i komfort uczenia się wspierają setki grafik, zdjęć i schematów. Ponadto każdy rozdział kończy się podsumowaniem, kompletem poleceń kontrolnych oraz zestawem ważnych pojęć do zapamiętania.

E-booki Teraz Biologia Gimnazjum można czytać offline na tablecie, laptopie, czytniku e-booków, a nawet smartfonie.

Zachęcamy również do zapoznania się z naszym multiplatformowym systemem nauczania biologii online, który można znaleźć na stronie www.terazwiedza.pl. W systemie zawarliśmy nie tylko treść e-booków, ale także liczne materiały filmowe, analizę szkolnych doświadczeń, interaktywne testy i możliwość współpracy z innymi użytkownikami. Nauczanie online jest nie tylko skuteczne, ale także bardzo wygodne – dostęp do materiałów non-stop, na wszystkich urządzeniach, bieżąca informacja o postępach w nauce, itp.

System do nauki biologii online (LMS)

- jeszcze więcej grafik i zdjęć
- filmy
- animacje
- testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

Sprawdź już teraz!

Spis treści

XVIII. Podstawy genetyki
1. Zmienność w przyrodzie
1.1. Zmienność
1.2. Podłoże zmienności
2. Informacja genetyczna
2.1. Replikacja DNA
2.2. Kod genetyczny
2.3. Biosynteza białka
2.4. Materiał genetyczny - chromosomy
2.5. Podsumowanie
3. Podziały komórkowe - mitoza
3.1. Przebieg i znaczenie mitozy
3.2. Podsumowanie
4. Podziały komórkowe - mejoza
4.1. Przebieg i znaczenie mejozy
4.2. Podsumowanie
5. Dziedziczenie genów
5.1. Prace Gregora Mendla
5.2. Interpretacja wyników Mendla
5.3. Dziedziczenie płci
5.4. Cechy sprzężone z płcią i zależne od płci
5.5. Podsumowanie
6. Mutacje i ich znaczenie
6.1. Mutacje
6.2. Mutacje i choroby dziedziczne człowieka
6.3. Badania genetyczne
6.4. Podsumowanie
7. Biotechnologia z inżynierią genetyczną

7.1. Biotechnologia
7.2. Inżynieria genetyczna
7.3. Zastosowania inżynierii genetycznej
7.4. Podsumowanie
8. Panel kontrolny Kursu XVIII
8.1. Polecenia kontrolne
8.2. Ważne pojęcia
XIX. Ewolucja biologiczna
1. Dowody ewolucji
1.1. Ewolucja
1.2. Bezpośrednie i pośrednie dowody ewolucji
1.3. Datowanie zjawisk ewolucyjnych
1.4. Podsumowanie
2. Podstawowe założenia współczesnej teorii ewolucji
2.1. Teoria ewolucji
2.2. Dobór naturalny
2.3. Ewolucja przodków konia domowego
2.4. Podsumowanie
3. Panel kontrolny Rozdziału XIX
3.1. Polecenia kontrolne
3.2. Ważne pojęcia
XX. Podstawy ekologii
1. Populacje i oddziaływania międzypopulacyjne
1.1. Wstęp
1.2. Nisze ekologiczne i zasięgi
1.3. Populacja i jej cechy
1.4. Oddziaływania między populacjami
1.5. Podsumowanie
2. Biocenozy i ekosystemy

2.1. Biocenozy
2.2. Ekosystemy
2.3. Łańcuchy pokarmowe i piramidy ekologiczne
2.4. Produktywność
2.5. Sukcesja ekologiczna
2.6. Podsumowanie
3. Biomy Ziemi
3.1. Biomy
3.2. Jednostki azonalne
3.3. Strefy życia w zbiornikach wodnych
3.4. Podsumowanie
4. Panel kontrolny Rozdziału XX
4.1. Polecenia kontrolne
4.2. Ważne pojęcia
XXI. Człowiek i środowisko
1. Wpływ człowieka na środowisko
1.1. Stan biosfery
1.2. Wpływ łowiectwa i rybołówstwa
1.3. Wpływ rolnictwa
1.4. Wpływ przemysłu
1.5. Wpływ urbanizacji
1.6. Podsumowanie
2. Zanieczyszczenia - problemy globalne
2.1. Zanieczyszczenia atmosfery
2.2. Zjawisko smogu
2.3. Dziura ozonowa
2.4. Globalne ocieplenie
2.5. Zanieczyszczenia wód
2.6. Wylesianie

2.7. Podsumowanie
3. Idea ochrony przyrody
3.1. Wstęp
3.2. Porozumienia i konwencje międzynarodowe
3.3. Organizacje pozarządowe
3.4. Podsumowanie
4. Formy ochrony przyrody
4.1. Formy ochrony
4.2. Obszary chronione
4.3. Ochrona czynna
4.4. Podsumowanie
4.5. Lista polskich parków narodowych
5. Panel kontrolny Rozdziału XXI
5.1. Polecenia kontrolne
5.2. Ważne pojęcia

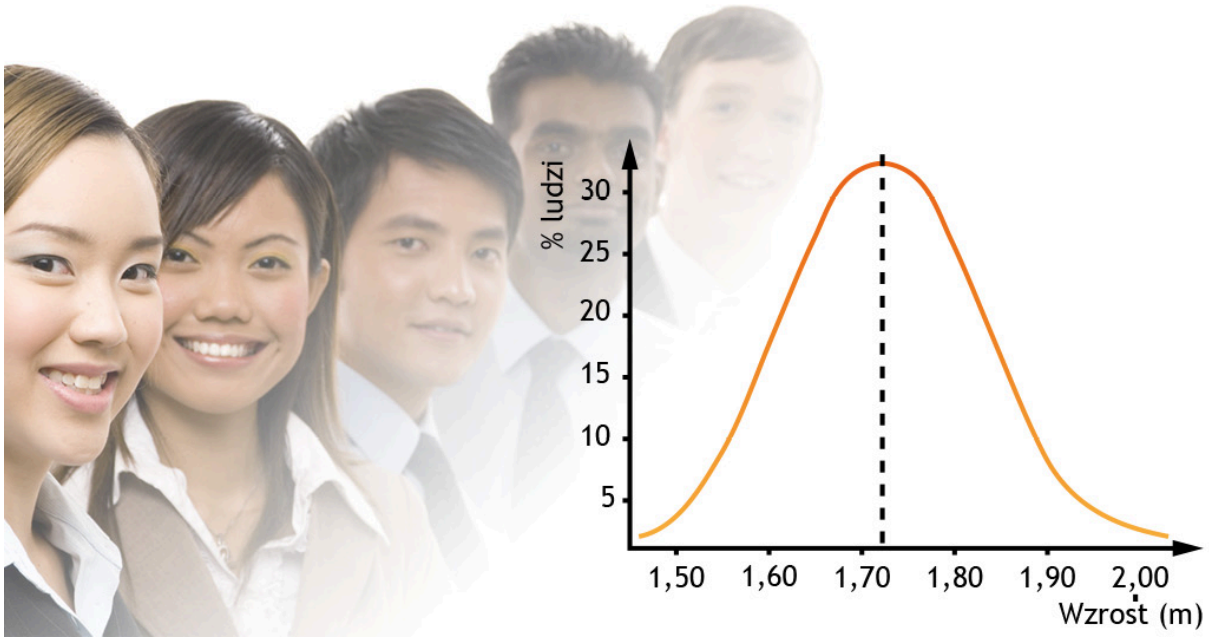
XVIII. Podstawy genetyki

1. Zmienność w przyrodzie

1.1. Zmienność

Wiadomo, że osobniki należące do jednego **gatunku** są podobne pod względem cech gatunkowych, mogą się zaś różnić cechami indywidualnymi. Zróżnicowanie osobników należących do jednego gatunku nazywamy **zmiennością wewnątrzgatunkową**. Różnice między gatunkami są przejawem **zmienności międzygatunkowej**. Podstawową przyczyną zmienności w przyrodzie są różnice w materiale genetycznym, czyli w DNA. Drugim powodem jest modyfikujący wpływ środowiska na każdy organizm.

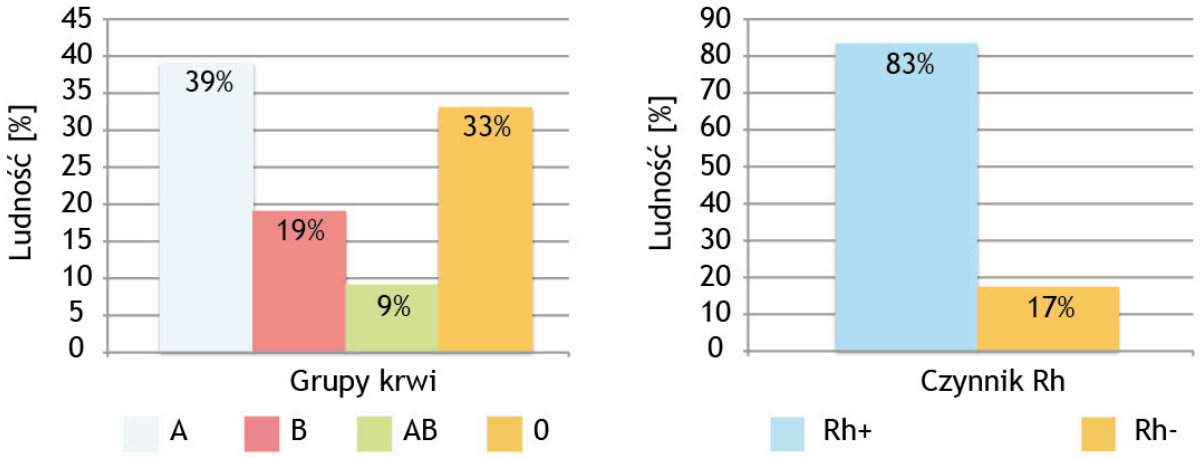
Przejawem zmienności wewnątrzgatunkowej człowieka jest zróżnicowanie pod względem wzrostu, masy ciała, koloru skóry, włosów, oczu, grupy krwi, a nawet zdolności do zwijania języka w rurkę lub braku tej zdolności. Zmienność takich cech, jak wzrost czy masa ciała, nazywamy **ciągłą**, ponieważ różnice między ludźmi są płynne.



Wzrost człowieka jako przykład zmienności ciągłej

W przypadku grup krwi czy zdolności zwijania języka zmienność jest **nieciągła** (nie ma możliwości pośrednich). Zmienność ciągłą i nieciągłą możemy zaobserwować także u wielu gatunków zwierząt i roślin.

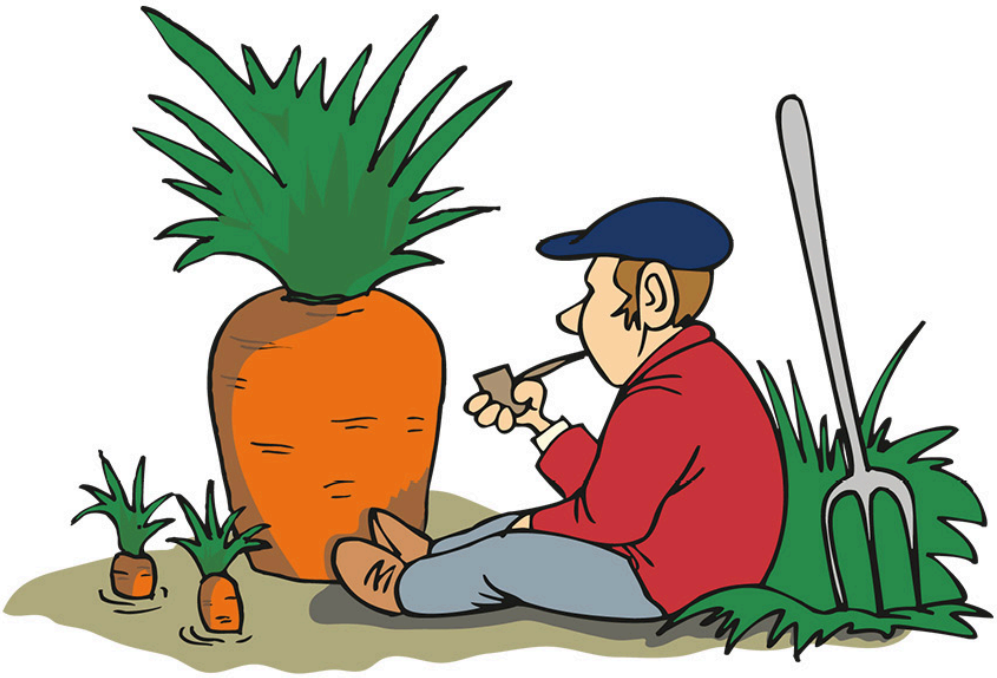
Przykładem mogą być różnice mleczności i mięsności krów, zawartości oleju w ziarnach rzepaku czy w barwie kwiatów grochu jadalnego (białej albo czerwonej).



Przykłady zmienności nieciągłej: grupy główne krwi i czynnik Rh

1.2. Podłoże zmienności

Największy wpływ na cechy osobników ma ich materiał genetyczny. **Różnice w DNA** określają więc **zmienność genetyczną** (dziedziczną). Źródłem różnic w DNA są trzy zjawiska biologiczne: **rozdział chromosomów** w czasie powstawania gamet, **zapłodnienie** (połączenie komórek rozrodczych różniących się składem genów) oraz bezpośrednie zmiany w samym DNA (**mutacje**). Sposób wykształcenia niektórych cech zmienia się w zależności od środowiska lub trybu życia. Różnice te nazwano **zmiennością środowiskową**. Nie jest ona dziedziczna, co można sprawdzić, na przykład uprawiając marchew w glebie o różnej żyzności lub zasobności w wodę. Przejawem zmienności niedziedzicznej jest też liczba czerwonych krwinek – u osób żyjących w górach jest większa, niż u mieszkańców nizin.



2. Informacja genetyczna

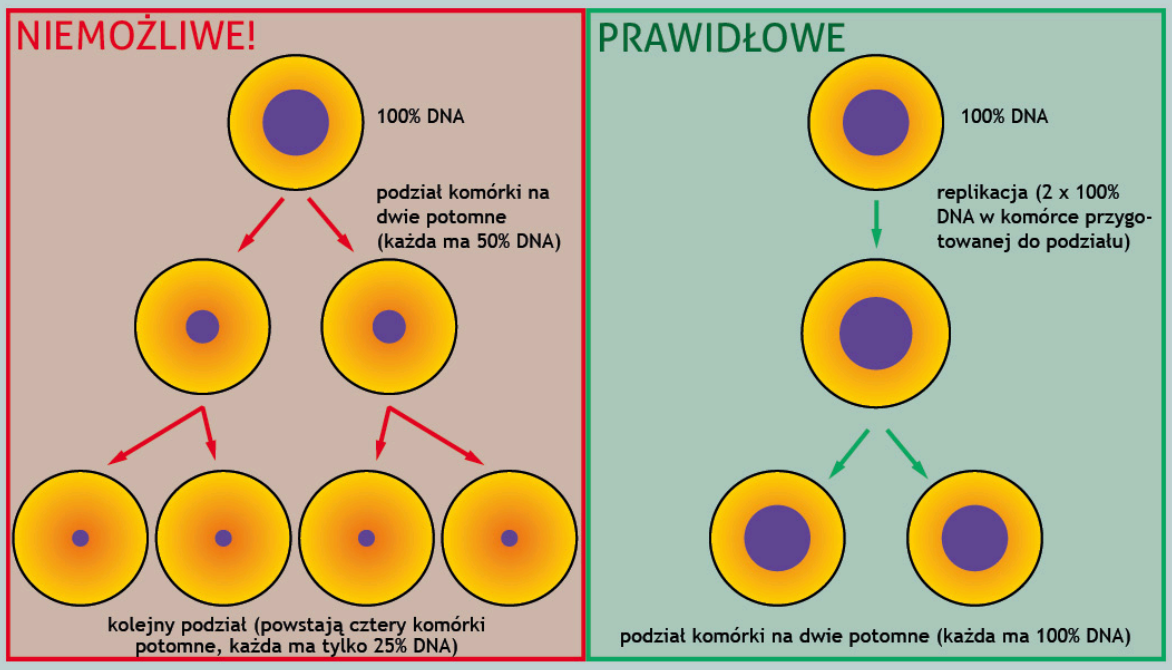
2.1. Replikacja DNA

Cząsteczki DNA stanowią swego rodzaju biologiczne instrukcje – ułożone w odpowiedniej kolejności nukleotydy DNA są bowiem zapisem, w jaki sposób mają być zbudowane białka danego organizmu. Z kolei białka pozwalają realizować wszystkie funkcje życiowe.

Możemy zatem zaryzykować stwierdzenie, że bez cząsteczek DNA żadna komórka i żaden organizm po prostu nie może istnieć. Stąd jest już tylko krok do hipotezy, że musi istnieć mechanizm powielania cząsteczek DNA, czyli ich replikacji (replika to kopia). Rzeczywiście liczne eksperymenty potwierdziły, że replikacja istnieje i jest podstawowym warunkiem utrzymania ciągłości gatunkowej oraz wzrostu i rozwoju organizmów wielokomórkowych.

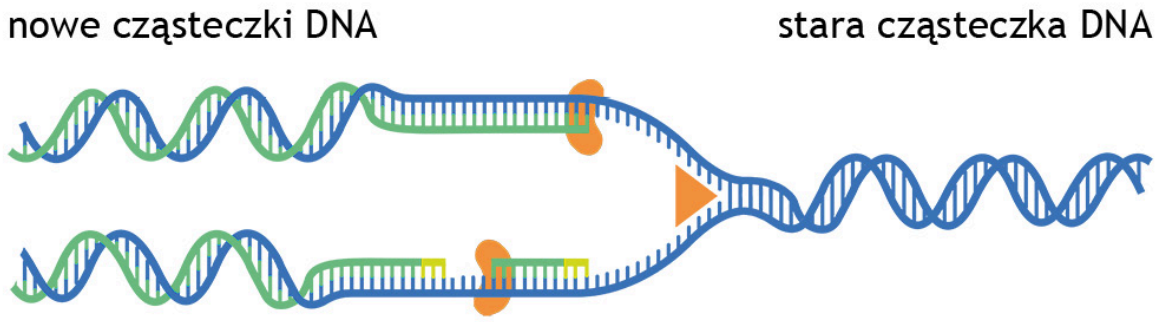
Ciekawe!

Rozpatrzmy przez chwilę następującą sytuację: w komórce przed podziałem mitotycznym nie następuje replikacja. Obie komórki potomne będą miały tylko połowę materiału genetycznego. Kolejny podział oznaczałby, że drugie pokolenie komórek miałoby już tylko jedną czwartą DNA itd. Do takiej sytuacji nie dochodzi w naturze, gdyż każda komórka musi mieć komplet informacji genetycznej, czyli 100% DNA (nie dotyczy to tylko komórek rozrodczych; por. mejoza!). To dlatego podziały komórkowe poprzedza replikacja prowadząca do podwojenia liczby cząsteczek DNA.



Replikacja jest procesem bardzo skomplikowanym, wymagającym udziału

różnych enzymów. Najpierw specjalne białka częściowo rozplatają podwójną helisę DNA. W miejscu rozplecenia do obu nici DNA przyłączają się białka enzymatyczne, które przesuwają się po starych niciach i stopniowo dobudowują nowe nici. Materiałem budulcowym nowych nici są wolne nukleotydy, które nie są wstawiane przypadkowo. Enzym syntetyzujący nową nić za każdym razem dołącza tylko taki nukleotyd, który pasuje do nukleotydu znajdującego się w starej nici. Inaczej mówiąc, wstawiane są tylko nukleotydy komplementarne. Zreplikowane cząsteczki DNA samorzutnie przyjmują postać podwójnej helisy.



Istota procesu replikacji DNA (pomarańczowym kolorem zaznaczyliśmy enzymy)

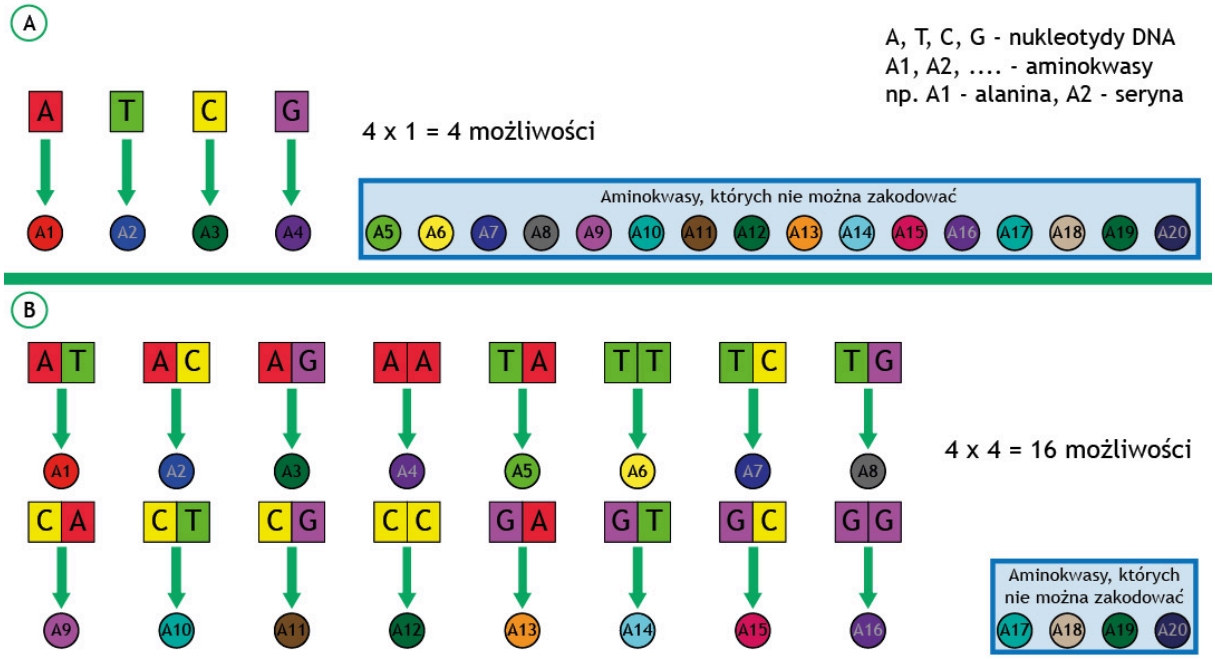
A zatem w procesie replikacji z jednej cząsteczki DNA powstają dwie cząsteczki potomne. Obie cząsteczki potomne są zbudowane identycznie z cząsteczką wyjściową (mają taką samą liczbę tak samo ułożonych nukleotydów). Każda potomna cząsteczka DNA ma jedną nić „starą", pochodzącą z cząsteczki wyjściowej, i jedną „nową", dobudowaną z puli wolnych nukleotydów.

Uogólniając, replikacja jest to budowanie nowych cząsteczek zgodnie z zasadą komplementarności, przy czym matrycami są zawsze całe nici z cząsteczki macierzystej. Dzięki temu, że replikacja jest bardzo dokładna, możliwe jest tworzenie nieograniczonej liczby identycznych kopii DNA.

2.2. Kod genetyczny

Odcinek cząsteczki DNA, zawierający informację o budowie określonego białka lub jego fragmentu, to gen. W DNA są tylko 4 rodzaje nukleotydów, a w białkach występuje 20 aminokwasów. To dlatego kod genetyczny jest trójkowy – trzy kolejne nukleotydy jednej nici DNA, czyli kodon, są informacją o jednym aminokwasie. Liczba możliwych kombinacji trzech

nukleotydów wynosi 4 x 4 x 4 = 64, w związku z czym niektóre kodony kodują ten sam rodzaj aminokwasu. Gen można porównać do liniowego ciągu określonych trójek nukleotydowych. Geny różnią się liczbą trójek i ich kolejnością (kodują różne białka). We wszystkich jednak organizmach zasady kodowania są identyczne – mówimy, że kod genetyczny jest uniwersalny.



Schemat wyjaśniający, dlaczego kod genetyczny nie może być „jedynkowy" albo „dwójkowy":

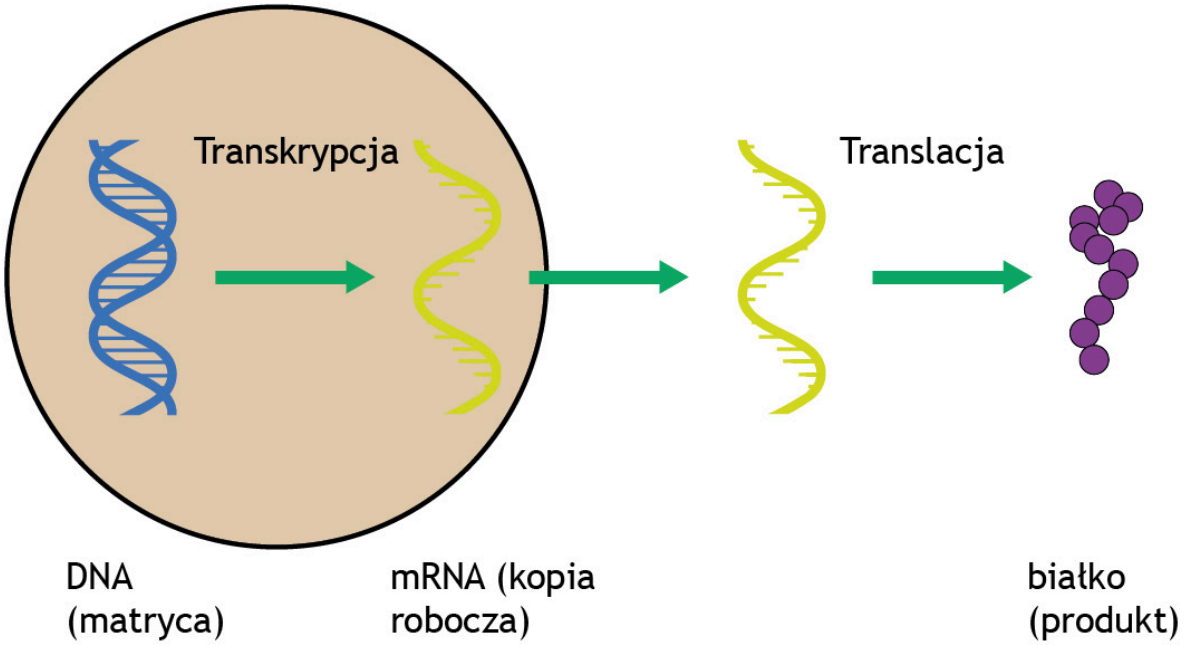
A - gdyby był „jedynkowy", można byłoby zakodować tylko 4 różne aminokwasy,

B - gdyby był „dwójkowy", można byłoby zakodować tylko 16 różnych aminokwasów

2.3. Biosynteza białka

Przy odrobinie wyobraźni gen można porównać do znalezionego w starym zeszycie babcinego przepisu na zupę. Chcąc przyrządzić zupę, gromadzimy niezbędne składniki i przepisujemy recepturę na podręczną kartkę (tak jest bezpieczniej). Dopiero wówczas rozpoczynamy gotowanie. Podobnie komórka wykorzystuje dany gen do syntezy białka. Kopią genu („przepisu na zupę") jest cząsteczka mRNA – informacyjnego kwasu rybonukleinowego. Cząsteczka mRNA przemieszcza się do cytozolu. Tam łączy się z rybosomem – właściwym miejscem syntezy białka („garnkiem na zupę"). Do garnka dostarczane są odpowiednie aminokwasy

(„zgromadzone wcześniej składniki”).



Podstawowe etapy odczytu informacji genetycznej

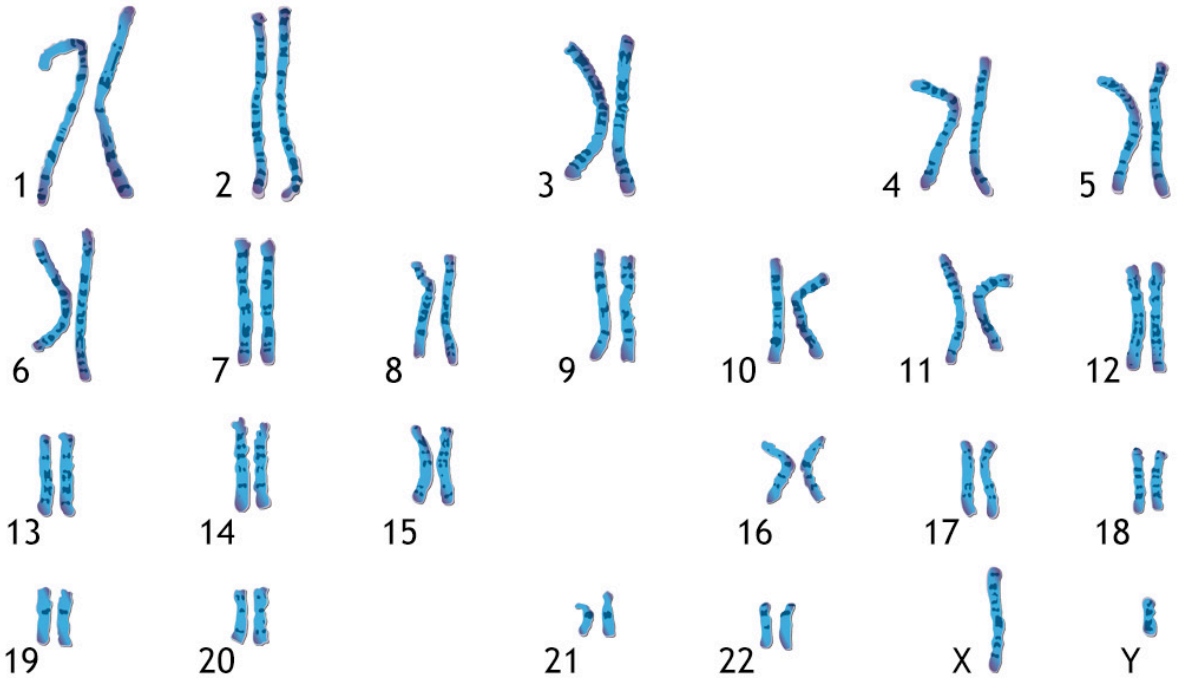
Zostawmy teraz obrazowe porównanie i skupmy się na naukowym opisie procesu biosyntezy białka. Rozpoczyna go **transkrypcja**, czyli przepisanie informacji genetycznej z DNA na mRNA (łac. *transcriptio* – przepisywanie). Podczas transkrypcji DNA służy jako matryca określająca, jakie nukleotydy mają znaleźć się w mRNA (nukleotydy mRNA włączane są zgodnie z zasadą komplementarności). Właściwa synteza białka, czyli **translacja** (łac. *translatio* – przeniesienie), zachodzi w cytozolu na rybosomach. Aminokwasy dostarczane są przez cząsteczki tRNA (transportującego kwasu rybonukleinowego), które rozpoznają trójki nukleotydów mRNA.

2.4. Materiał genetyczny - chromosomy

W komórkach eukariotycznych prawie cały DNA znajduje się w jądrze. Cząsteczki DNA są bardzo długie, a przy tym delikatne, dlatego przyłączają się do specjalnych białek i splatają w **nici chromatynowe**. W jądrze komórek, które się nie dzielą, nici chromatynowe tworzą gęstą plątaninę (niczym kłębek niezwykle cienkich nici). W komórkach przygotowujących się do podziału DNA jest replikowany, a następnie nici chromatynowe

zwijają się w **chromosomy**. Każdy chromosom składa się z dwóch identycznych połówek – **chromatyd**. Każda chromatyda zawiera jedną cząsteczkę DNA. Chromosomy są swego rodzaju paczkami materiału genetycznego, które ułatwiają jego podział.

Liczba, wielkość i kształt chromosomów są cechami gatunkowymi. Na przykład komórki człowieka mają 46 chromosomów, a ściślej mają 23 pary chromosomów. Parę tworzą **chromosomy podobne** – jeden dziedziczony jest po matce, drugi po ojcu. Chromosomy podobne nazwano **chromosomami homologicznymi**. Jako że komórki człowieka zawierają podwójny komplet chromosomów, są **diploidalne** (2n = 46). Tylko komórki rozrodcze zawierają pojedynczy komplet chromosomów, są więc **haploidalne** (n = 23). Uwaga: n = podstawowy, pojedynczy komplet chromosomów (haploidalna liczba chromosomów).



Komplet chromosomów człowieka - chromosomy uporządkowano parami i ponumerowano

2.5. Podsumowanie

1. Proces kopiowania DNA nazywamy replikacją. Każda potomna cząsteczka DNA składa się ze starej i nowo dobudowanej nici.
2. Odcinek DNA zawierający informację o budowie jednego białka

nazywamy genem.

3. Sposób zapisu informacji genetycznej to kod genetyczny. Kod genetyczny jest uniwersalny (jego zasady są takie same we wszystkich organizmach) i trójkowy (kodon, czyli sekwencja trzech kolejnych nukleotydów, umożliwia włączenie jednego aminokwasu).

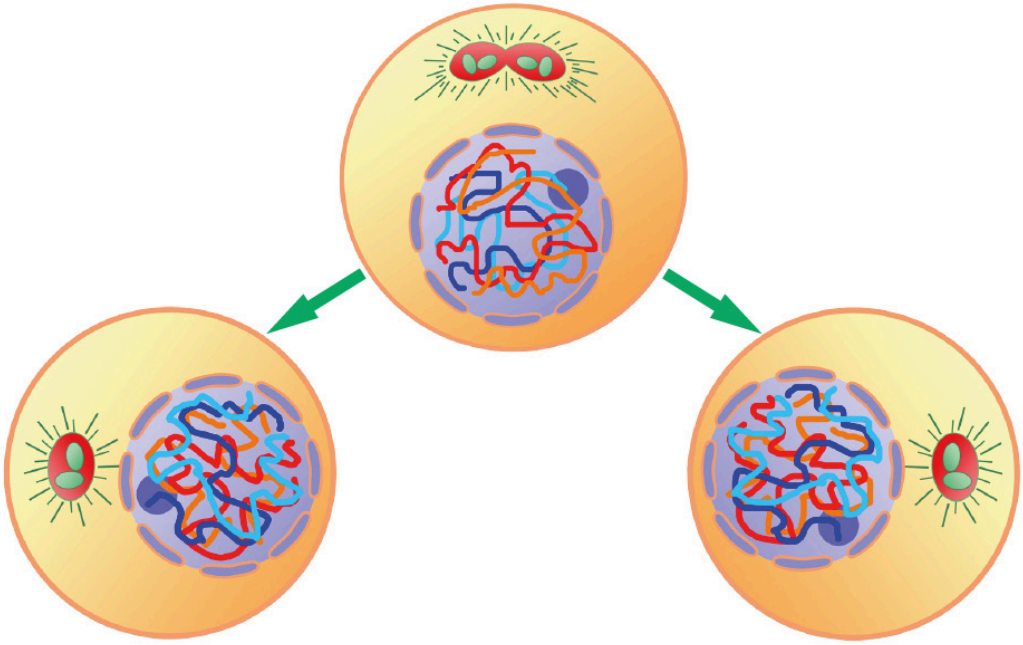
4. Właściwą syntezę białka poprzedza proces transkrypcji, który polega na „przepisaniu" sekwencji nukleotydów danego genu z DNA na mRNA (informacyjny RNA). Na rybosomach mRNA wykorzystywany jest do syntezy białka. Aminokwasy dostarczane są przez transportujący RNA (tRNA).

5. Geny zlokalizowane są w chromosomach. Liczba, wielkość i kształt chromosomów są cechą gatunkową. Komórki somatyczne człowieka zawierają podwójny komplet chromosomów (2n), zaś komórki rozrodcze pojedynczy (n).

3. Podziały komórkowe - mitoza

3.1. Przebieg i znaczenie mitozy

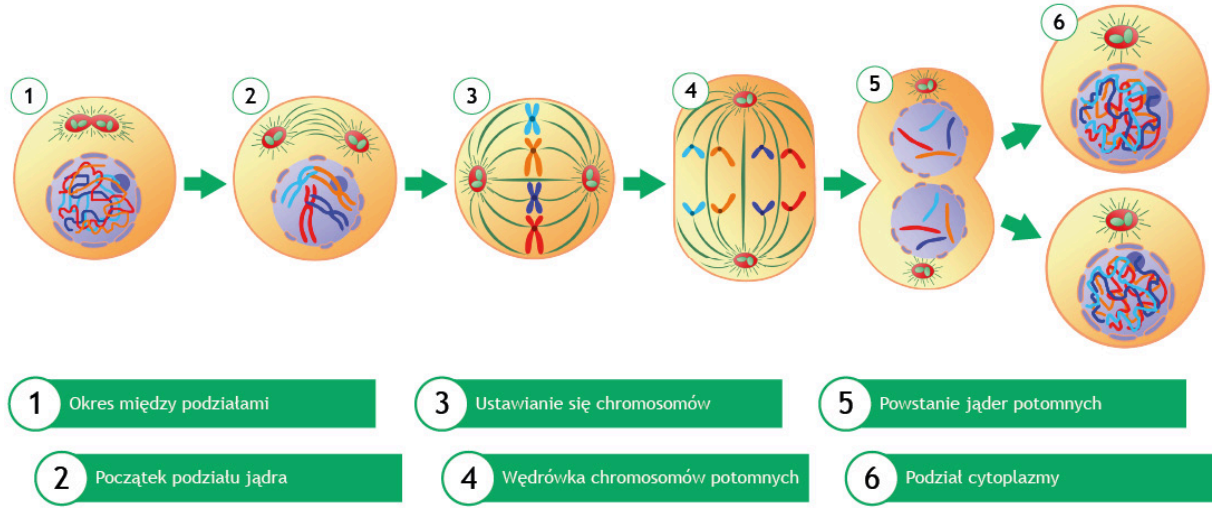
Nowe komórki nie powstają „od nowa”, a jedynie przez podziały innych, istniejących już komórek. W przypadku bakterii podziały są proste i szybkie, poprzedzone jedynie replikacją DNA. Komórki eukariotyczne mają wielokrotnie więcej DNA, a ich podziały – **mitoza** i **mejoza** – są bardzo skomplikowane. Mitoza jest podziałem pojedynczym, mejoza – podwójnym (składa się z dwóch podziałów następujących jeden po drugim).



Schemat ogólny mitozy (w tym przypadku można powiedzieć, że zasada jest prosta: po podziale powstają komórki niezmienione względem komórki macierzystej)

Mitotycznie dzielą się **komórki somatyczne**, czyli wszystkie komórki ciała z wyjątkiem komórek płciowych. Każda mitoza prowadzi do powstania dwóch komórek potomnych, identycznych z komórką macierzystą (liczba chromosomów pozostaje bez zmian). Mitoza pozwala na sprawne, ale przede wszystkim bardzo precyzyjne i równe rozdzielenie materiału genetycznego do obu komórek potomnych. Tempo podziałów jest różne – komórki szpiku kostnego człowieka dzielą się kilka razy na dobę, natomiast wątroby już tylko dwa razy w roku. Komórki stożków wzrostu

niektórych roślin naczyniowych dzielą się mitotycznie nawet co kilkadziesiąt minut. Mitoza umożliwia wzrost, różnicowanie i regenerację organizmów wielokomórkowych. W świecie protistów, grzybów i roślin podział ten daje także możliwość bezpłciowego rozmnażania się.



Podział mitotyczny komórki o 2n = 4 chromosomy. Okres międzypodziałowy (1) i fazy mitozy (2-5 - podział jądra komórkowego, 6 - podział cytoplazmy)

3.2. Podsumowanie

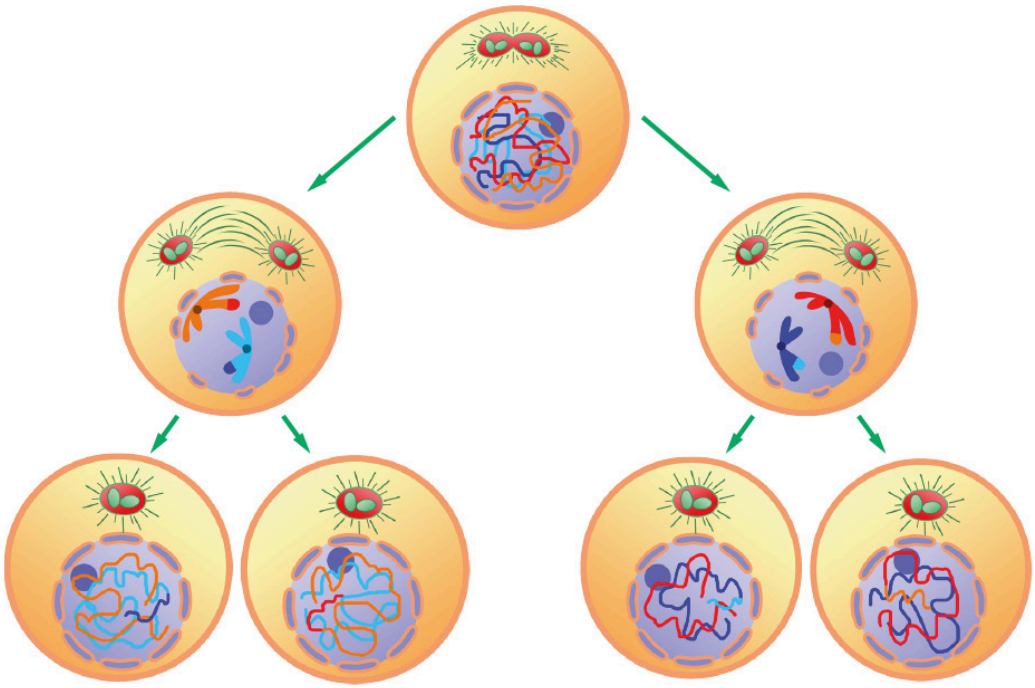
1. Komórki powstają wyłącznie w wyniku podziału innych komórek. Wyróżnia się dwa typy podziałów komórkowych: mitozę i mejozę. Mitotycznie dzielą się komórki somatyczne, mejotycznie zaś komórki macierzyste zarodników roślin i gamet zwierząt.

2. Mitoza umożliwia precyzyjny i równy podział materiału genetycznego (chromosomów) do dwóch nowo powstałych komórek. Dzięki mitozie możliwy jest wzrost organizmów i regeneracja komórek somatycznych.

4. Podziały komórkowe - mejoza

4.1. Przebieg i znaczenie mejozy

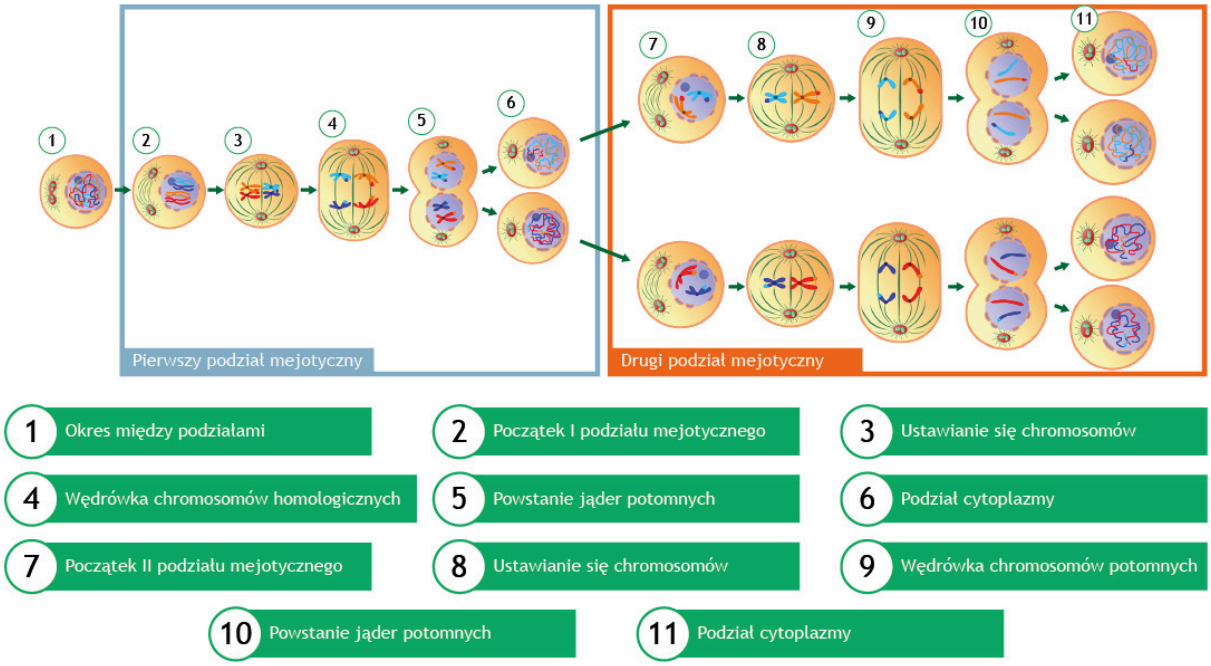
Mejoza jest jeszcze bardziej skomplikowana niż mitoza. Prowadzi do powstania czterech komórek potomnych, w których liczba chromosomów jest zmniejszona o połowę (z 2n do n). Stąd inna nazwa mejozy – podział redukcyjny. Mejoza jest także podziałem znacznie dłuższym, w skrajnych przypadkach może trwać nawet kilkadziesiąt lat. W drodze mejozy powstają komórki rozrodcze (gamety), a u części roślin i grzybów zarodniki.



Schemat ogólny mejozy. Zauważ, że w tym przypadku powstają komórki o zredukowanej liczbie chromosomów

W rozmnażaniu płciowym nowy organizm powstaje, kiedy połączą się dwie gamety. Gdyby gamety zawierały taką samą liczbę chromosomów, jak komórki somatyczne, organizm potomny miałby dwukrotnie więcej chromosomów (a więc także DNA), drugie pokolenie potomne nawet cztery razy więcej itd. Ponieważ jednak komórki powstałe w wyniku mejozy mają połowę chromosomów (n), w momencie zapłodnienia powstaje komórka z pełną ich liczbą (2n). Ten rodzaj podziału umożliwia więc utrzymanie stałej liczby chromosomów w kolejnych pokoleniach.

Mejoza jest też źródłem zmienności genetycznej, ponieważ prowadzi do pojawiania się nowych kombinacji genów – **rekombinacji genetycznej**. Zacznijmy od tego, że gamety mają losowe zestawy chromosomów. Ponadto część chromosomów w gametach dodatkowo jest wymieszana (podczas pierwszego podziału mejotycznego chromosomy homologiczne mogą się wymieniać fragmentami DNA). Skoro gamety zawierają różne kombinacje genów, potomstwo najczęściej jest inne niż osobniki rodzicielskie (przypomnijmy, że jest to zmienność wewnątrzgatunkowa).



Podział mejotyczny komórki o 2n = 4 chromosomy. Okres przed podziałem (1) i fazy mejozy (2-11)

4.2. Podsumowanie

1. Mejoza prowadzi do powstania czterech komórek o liczbie chromosomów zmniejszonej do połowy (n chromosomów). Redukcja liczby chromosomów w gametach umożliwia zachowanie stałej jej liczby w kolejnych pokoleniach. Mejoza obejmuje dwa podziały.

2. W czasie mejozy dochodzi do powstania nowej kombinacji genów (źródło zmienności genetycznej w przyrodzie).

5. Dziedziczenie genów

5.1. Prace Gregora Mendla

Podstawy współczesnej genetyki stworzył w XIX w. czeski zakonnik **Gregor** (Grzegorz) **Mendel**. Badacz ten przez wiele lat prowadził starannie zaplanowane doświadczenia, w których niezbicie wykazał istnienie czynników odpowiadających za dziedziczenie cech. Nazwał je zawiązkami cech. Zwróć uwagę, że Mendel nie wiedział o istnieniu DNA i nie mógł obserwować przebiegu mejozy. Istnienie materialnych zawiązków cech po prostu... wydedukował stosując matematykę do analizy otrzymanych wyników. Dzisiaj wiemy, że zawiązki cech to **geny**, a Mendel był geniuszem.

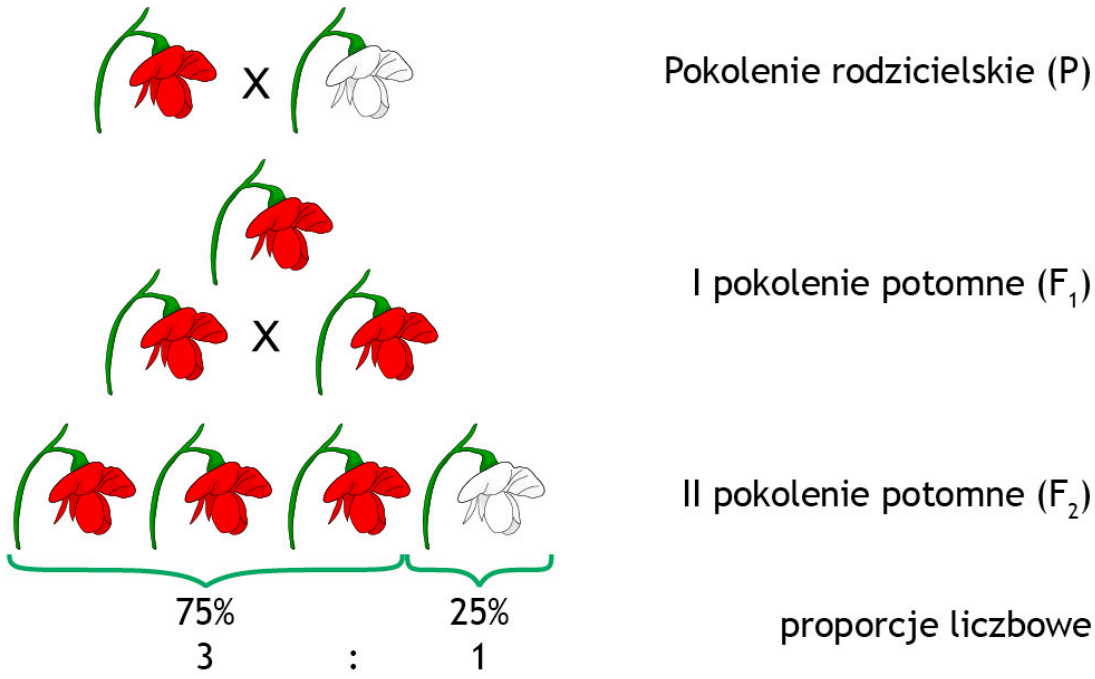
Ogród w Essen – wizualizacja krzyżówki „typu mendlowskiego", którą stworzyli tamtejsi ogrodnicy

Mendel przeprowadzał swoje doświadczenia, wykorzystując głównie różne odmiany **grochu zwyczajnego** – rośliny łatwej w hodowli i mającej wyraźne cechy (m.in. różną barwę kwiatów i odmienne ukształtowanie powierzchni nasion). Skupienie badań na pojedynczych cechach było znakomitym posunięciem, ponieważ pozwoliło Mendlowi dostrzec charakterystyczne prawidłowości.

Niepozorny groch zwyczajny

Klasyczne **doświadczenie Mendla** polegało na krzyżowaniu ze sobą roślin różniących się barwą kwiatów – jedne miały kwiaty czerwone, drugie – białe. Rośliny z obu grup stanowiły tak zwane linie czyste – krzyżowane ze sobą dawały takie same potomstwo (białe krzyżowane z białymi dawały wyłącznie rośliny o białych kwiatach, czerwone z czerwonymi – wyłącznie rośliny o czerwonych kwiatach).

Mendel skrzyżował rośliny o czerwonych kwiatach z roślinami, które miały białe kwiaty (było to **pokolenie rodzicielskie** P). Otrzymał **pierwsze pokolenie potomne** (F_1), w którym występowały tylko rośliny o kwiatach czerwonych. Mendel sprawdzał nawet, czy istotne jest, z jakiej rośliny pochodził pyłek (okazało się, że nie jest istotne). Następnie skrzyżował ze sobą rośliny z pierwszego pokolenia potomnego (F_1 x F_1). W **drugim pokoleniu potomnym** (F_2) wyrosły rośliny o kwiatach czerwonych oraz rośliny o kwiatach białych w proporcji liczbowej 3:1. Wyniki te powtarzały się za każdym razem.

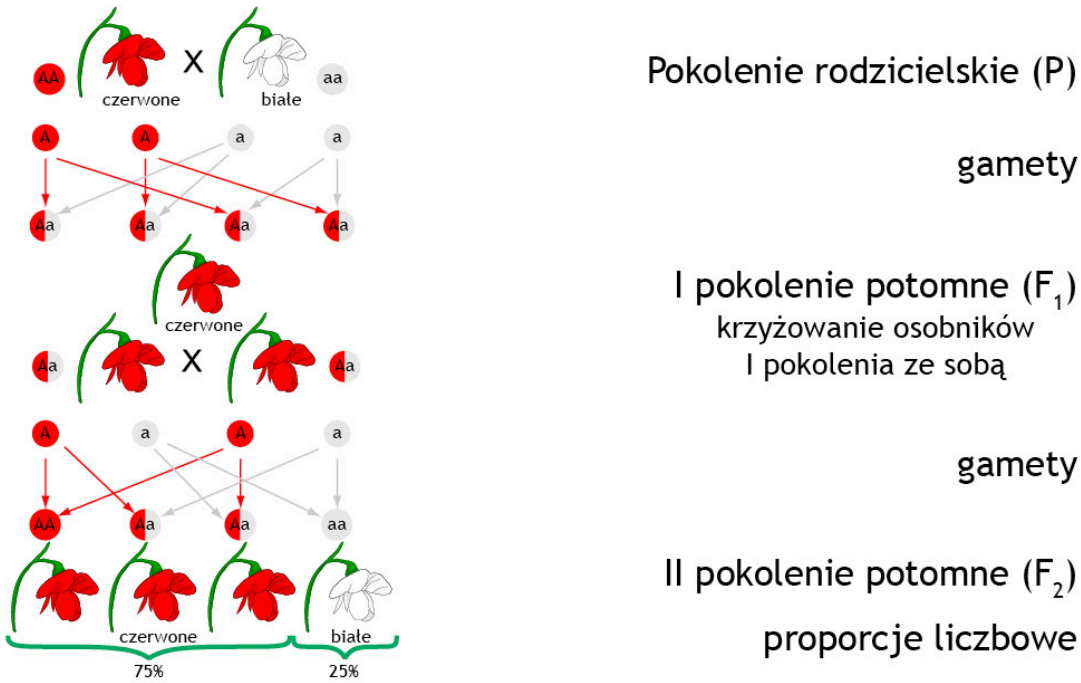


Krzyżowanie grochu o różnej barwie kwiatów

5.2. Interpretacja wyników Mendla

Mendel znalazł tylko jedno wytłumaczenie: rośliny dziedziczą zawiązki cechy barwy kwiatów od obojga rodziców, rodzice mają po dwa zawiązki tej cechy i wreszcie – do każdej gamety wchodzi jeden zawiązek danej cechy. Istnieją dwa rodzaje zawiązków cechy barwy kwiatów: dominujący oraz recesywny (ustępujący, taki którego obecność nie ujawnia się w obecności zawiązka dominującego). Zawiązek czerwonej barwy kwiatu jest dominujący, białej – recesywny.

Współczesna interpretacja wyników badań Mendla jest następująca: Zawiązki cech są genami, a warianty genów, które warunkują przeciwstawność danej cechy, to allele (A jest allelem dominującym, który powoduje powstanie kwiatów czerwonych, natomiast a – allelem recesywnym odpowiadającym za białą barwę kwiatów).



Interpretacja wyników uzyskanych przez G. Mendla - schemat

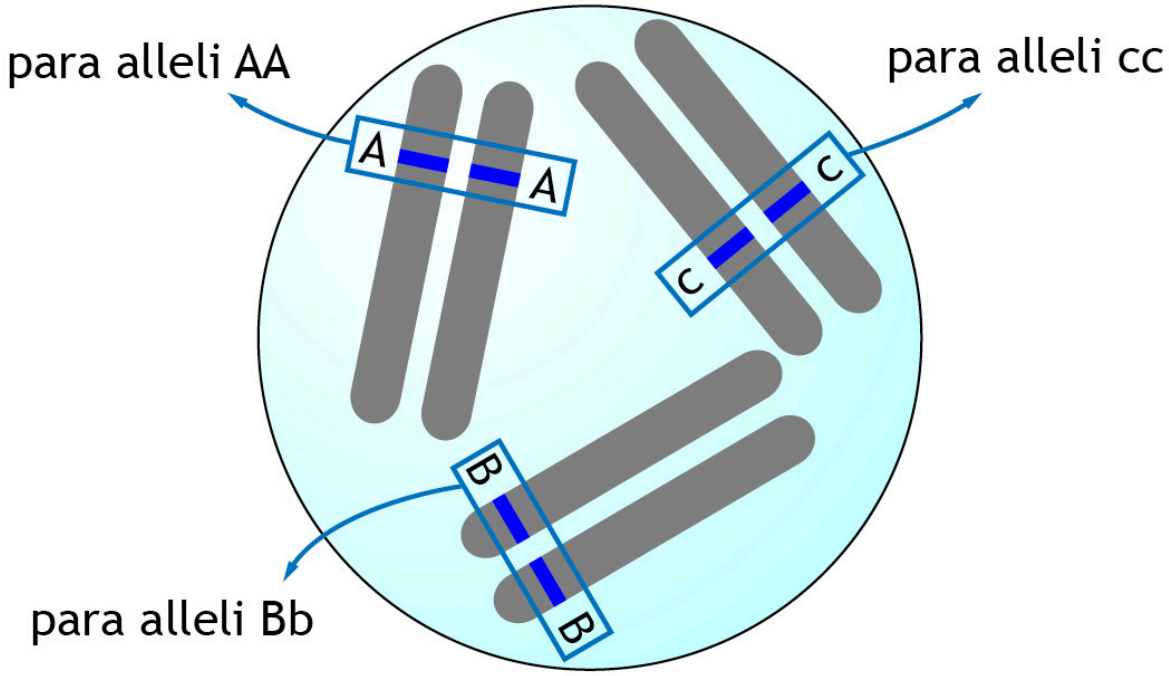
Pokolenie rodzicielskie tworzą wyłącznie **osobniki homozygotyczne** (homozygotą jest osobnik, który ma dwa takie same allele danego genu). Rośliny o kwiatach czerwonych są homozygotami dominującymi, ponieważ zawierają dwa allele dominujące (AA). Z kolei rośliny o kwiatach białych są homozygotami recesywnymi, gdyż zawierają dwa allele recesywne (aa).

Z każdej pary alleli do gamety wchodzi zawsze tylko jeden allel (jest to I prawo Mendla zwane też **prawem czystości gamet**). Oznacza to między innymi, że gamety zawierają pojedynczy komplet alleli (są przecież haploidalne). Gamety łączą się losowo, dając w pierwszym pokoleniu potomnym wyłącznie **osobniki heterozygotyczne** (heterozygotą jest osobnik mający dwa różne allele danego genu). W tym przypadku heterozygoty mają kwiaty czerwone.

Heterozygotyczne rośliny wytwarzają dwa rodzaje gamet – z allelem A albo z allelem a. Gamet z allelem A jest tyle samo, co gamet z allelem a. W drugim pokoleniu potomnym powstaje 75% roślin o kwiatach czerwonych (AA, Aa, Aa) oraz 25% o kwiatach białych (aa).

Warto zwrócić uwagę, że analizowany tu przypadek odnosi się do cechy, gdzie fenotypowe odróżnienie homozygoty dominującej od heterozygoty nie jest możliwe. Zauważmy też, że jeden osobnik może być homozygotą

dominującą względem pewnych cech, heterozygotą względem innych, a homozygotą recesywną względem jeszcze innych (np. groch o genotypie AABbcc – roślina o kwiatach czerwonych, żółtych nasionach i niskim pędzie).

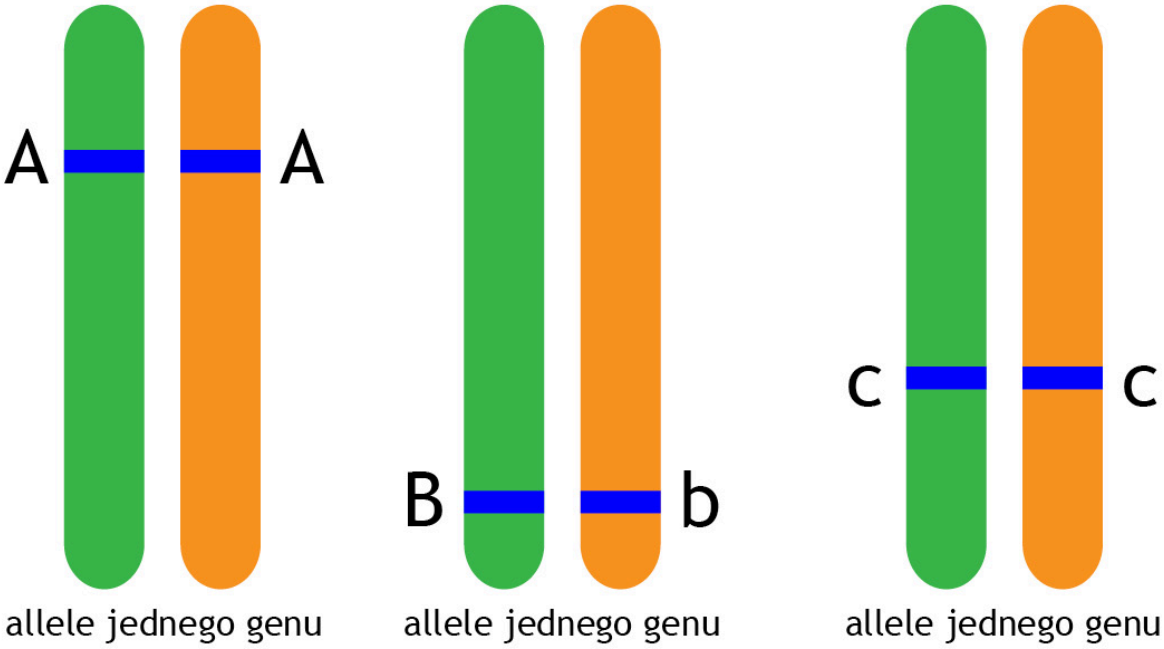


Ważne!

Kiedy zapisujemy symbole alleli, określamy **genotyp** danego organizmu. Zapisując obserwowane cechy osobników, określamy ich **fenotyp**. W praktyce oba pojęcia: genotyp oraz fenotyp można odnieść zarówno do pojedynczych genów (cech), jak i ich ogółu. Wówczas genotyp oznacza zespół wszystkich genów danego organizmu, fenotyp – ogół możliwych do zaobserwowania cech danego organizmu (np. u człowieka wzrost, waga, kolor włosów, kształt nosa, grupa krwi itd.).

W komórkach diploidalnych występuje podwójny komplet chromosomów (2n), a więc także genów. Allele jednego genu zajmują takie samo miejsce w chromosomach homologicznych. Zasada ta odnosi się do wszystkich genów. Oczywiście allele różnych genów zajmują w chromosomach różne miejsca.

Opisane ogólne zasady dziedziczenia odnoszą się nie tylko do roślin, ale do wszystkich innych organizmów, w tym do człowieka.



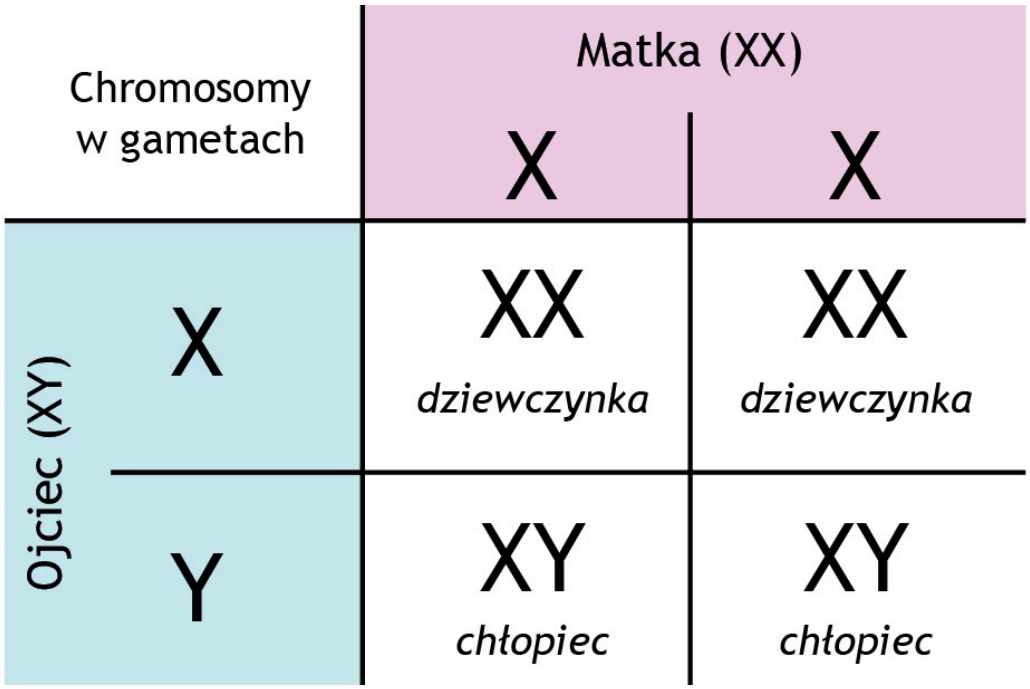
Geny (allele) znajdują się w określonych miejscach chromosomów

Ciekawe!

Szacuje się, że człowiek ma około 30 tysięcy genów. Analizowanie dziedziczenia wszystkich genów jednocześnie jest na razie niemożliwe, jednak wstępnie geny człowieka zostały już zbadane.

5.3. Dziedziczenie płci

W przypadku człowieka o tym, jaka będzie płeć potomka, nie decydują pojedyncze geny, ale ich zespoły zlokalizowane w **chromosomach płci**. Każdy z nas ma dwa chromosomy płci – jeden od ojca i jeden od matki. Kobiety mają w każdej komórce dwa chromosomy X (XX), mężczyźni – jeden chromosom X oraz jeden chromosom Y (XY). Chromosomy płci (X i Y) różnią się wielkością, kształtem i składem genów, a więc nie są homologiczne (podobne). Pozostałe chromosomy nazwano **autosomami**.

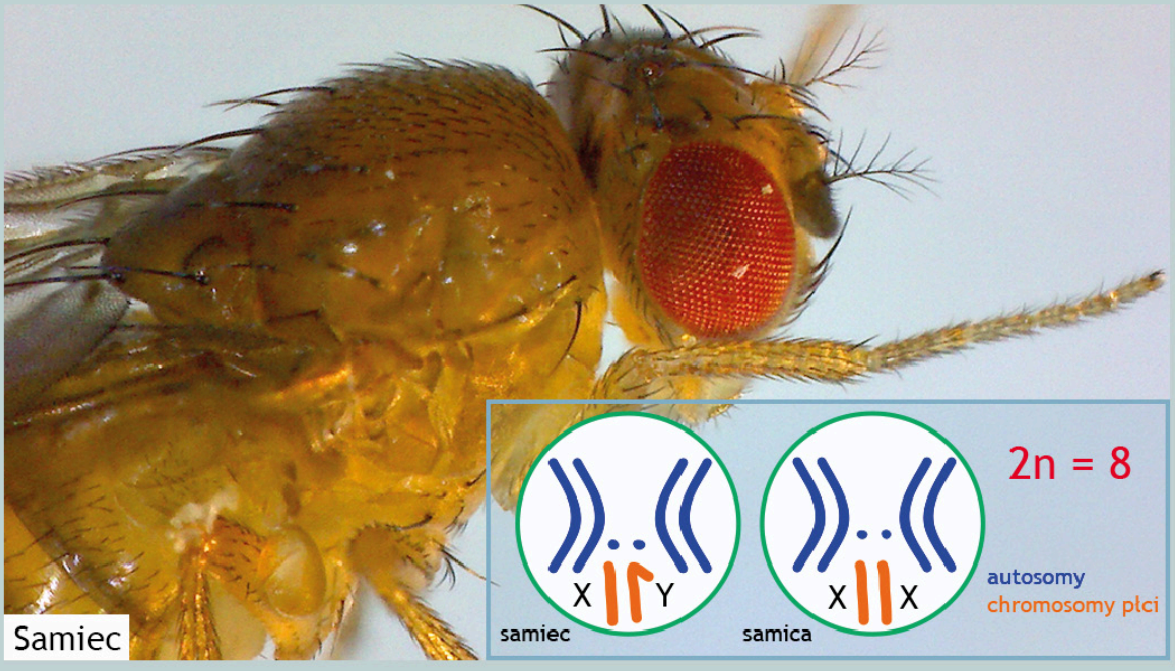


autosomy + chromosomy płci = komplet chromosomów

Chromosom X każdego człowieka zawiera liczne geny niezbędne do prawidłowego rozwoju. **Chromosom Y** ma niewiele genów, ale odpowiadają one za powstanie męskich cech płciowych (w zarodkach z chromosomami XY rozwijają się jądra, które produkują testosteron – hormon warunkujący rozwój nowego organizmu według „wzorca męskiego", zarodki z chromosomami XX rozwijają się według „wzorca żeńskiego"). Pod względem genetycznym to mężczyzna decyduje o płci dziecka, ponieważ w plemniku może znaleźć się chromosom X (będzie córka) albo chromosom Y (będzie syn). Tak więc 22 pary autosomów oraz 1 para chromosomów płci stanowią podwójny komplet chromosomów człowieka (2n = 46), a na przykład 19 par autosomów i 1 para chromosomów płci (2n = 40) tworzy komplet chromosomów kota domowego.

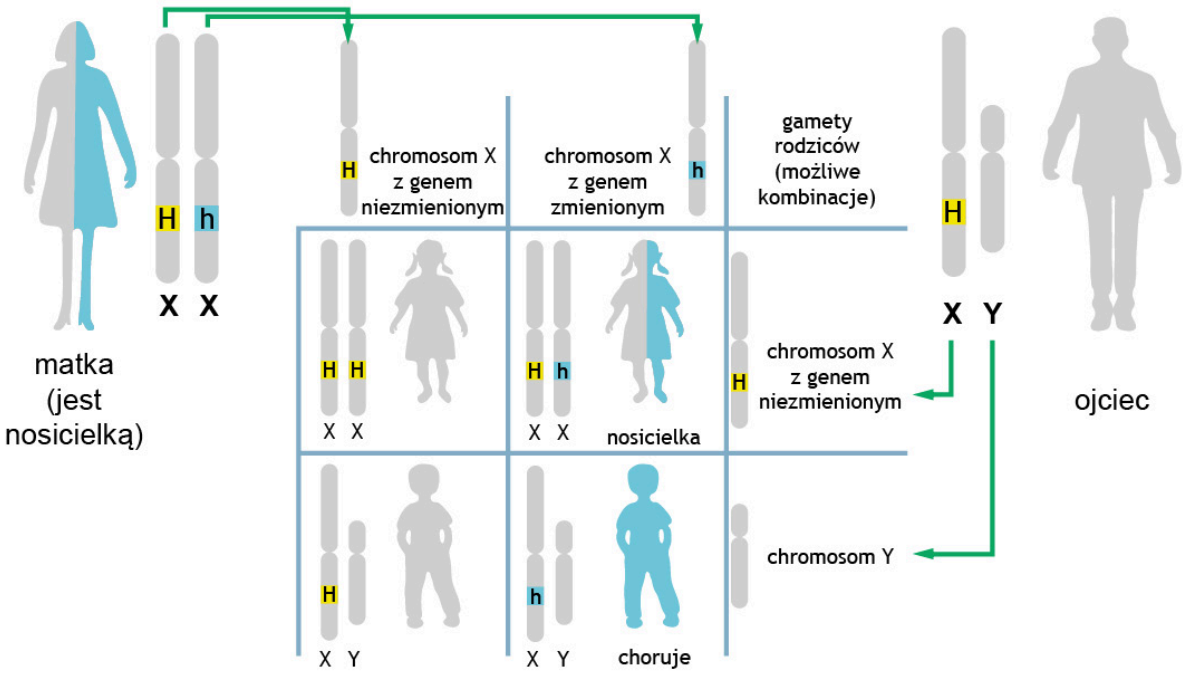
Ciekawe!

Wielu odkryć z zakresu genetyki dokonano, badając niewielką **muszkę owocową** (*Drosophila melanogaster*).



5.4. Cechy sprzężone z płcią i zależne od płci

Mężczyźni mają tylko jeden komplet genów leżących na chromosomie X, dlatego znacznie częściej zapadają na hemofilię lub są daltonistami. Hemofilia i daltonizm są **cechami sprzężonych z płcią**, czyli takimi, które bezpośrednio nie dotyczą płci, ale warunkowane są przez geny znajdujące się w chromosomach X. **Hemofilia** polega na poważnym zaburzeniu krzepliwości krwi. Wywołuje ją allel recesywny, dlatego kobiety chorują tylko wówczas, gdy odziedziczą dwa takie allele (od matki i od ojca). Kobiety heterozygotyczne nie chorują, chociaż są nosicielkami. Mężczyzna może odziedziczyć allel recesywny tylko po matce (wraz z chromosomem X). Jego matka mogła przy tym nawet nie wiedzieć, że jest nosicielką wadliwego allelu. W przypadku, gdy matka choruje, jej syn też będzie chorował.

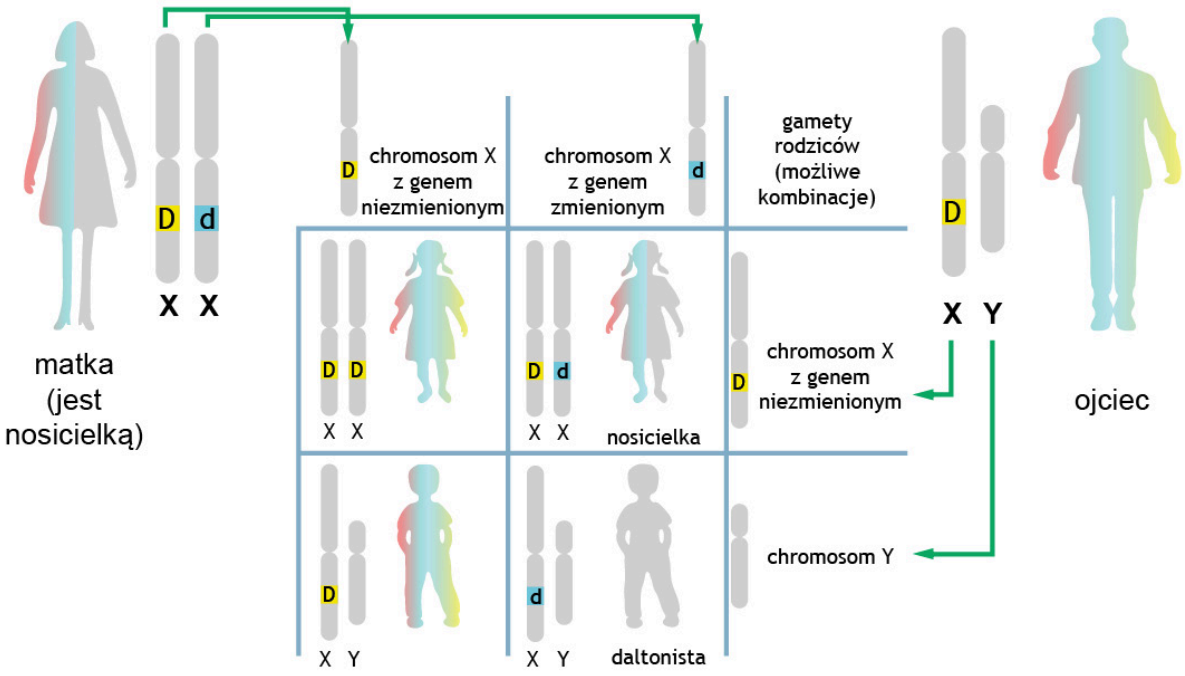


Dziedziczenie hemofilii w przykładowej rodzinie

Ciekawe!

Hemofilię nazwano chorobą królów, ponieważ była dość powszechna w rodzinach panujących Europy. Najbardziej znaną nosicielką hemofilii była brytyjska królowa Wiktoria.

Mechanizm dziedziczenia **daltonizmu** jest taki sam jak hemofilii (cecha recesywna sprzężona z płcią), inne są tylko geny, które go warunkują. Daltonizm jest wrodzonym zaburzeniem odróżniania barw (głównie czerwonej i zielonej).



Dziedziczenie daltonizmu w przykładowej rodzinie

Istnieją też cechy warunkowane przez geny leżące na autosomach, ale ich działanie ujawnia się tylko u określonej płci. Przykładem jest łysienie – cecha warunkowana przez allel dominujący. Gen łysienia znajduje się na jednym z autosomów, ale ujawnia się jedynie u mężczyzn, ponieważ mają oni wysoki poziom testosteronu. Takie cechy określamy mianem **związanych z płcią** (zależnych od płci).

5.5. Podsumowanie

1. U podstaw rozwoju genetyki leżą prace G. Mendla, który sformułował podstawowe prawa dziedziczenia.

2. Genotyp (kompletny zespół genów organizmu) determinuje wykształcenie fenotypu (ogółu cech organizmu).

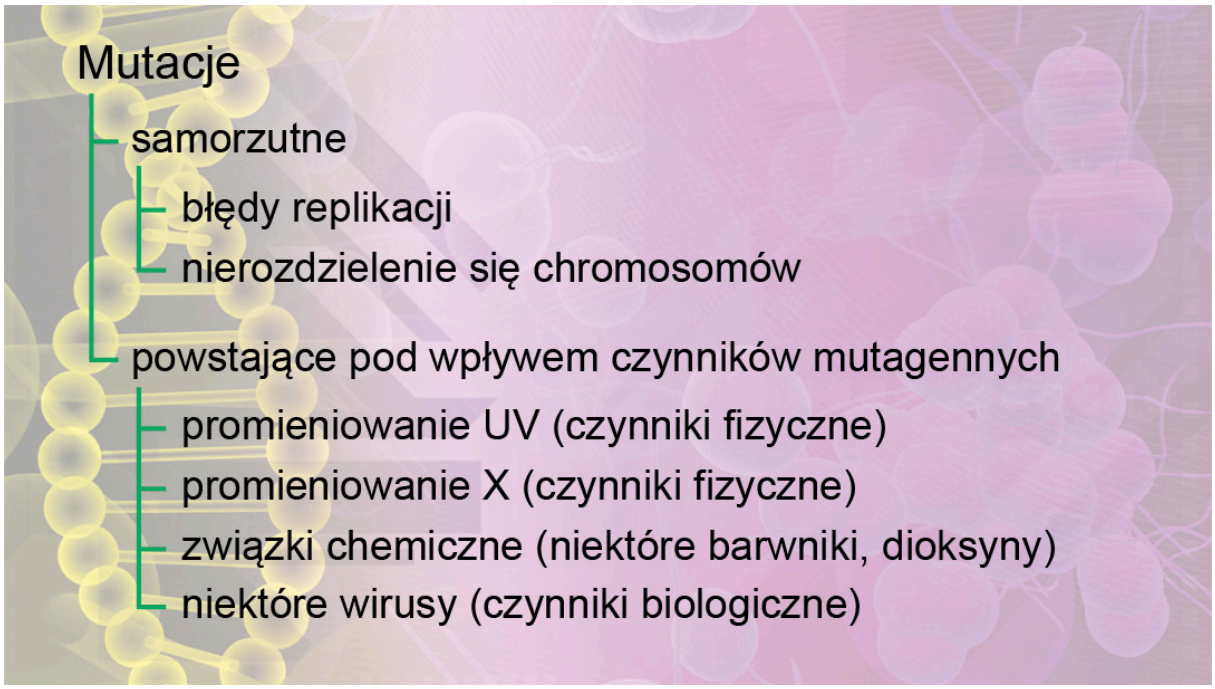
3. W komórkach kobiet znajdują się chromosomy płci XX, w komórkach mężczyzn chromosomy XY. Chromosom Y człowieka zawiera niewiele genów i determinuje płeć męską. Brak odpowiednich alleli w chromosomie Y powoduje częstsze u mężczyzn niż u kobiet ujawnianie się takich chorób, jak hemofilia.

6. Mutacje i ich znaczenie

6.1. Mutacje

Cząsteczki DNA dość często ulegają przypadkowym zmianom, które nazywamy **mutacjami**. Mutacje powstają **samorzutnie** lub **pod wpływem niekorzystnych czynników środowiskowych**. Niektóre zmiany materiału genetycznego są drobne – dotyczą pojedynczych nukleotydów, inne polegają na zwielokrotnieniu liczby chromosomów (por. niżej). Mutacje są zmianami trwałymi, które mogą być dziedziczne.

Tylko bardzo nieliczne mutacje wywierają korzystny wpływ na organizm, większość zaś jest **szkodliwa**. Czasem nawet drobna mutacja może spowodować śmierć organizmu.



Czynniki środowiskowe wywołujące mutacje nazwano **czynnikami mutagennymi** (mutagenami). Najczęściej mutacje powstają pod wpływem takich czynników mutagennych jak: promieniowanie ultrafioletowe (UV) i rentgenowskie (X), związki chemiczne zawarte w dymie papierosowym (benzopiren) czy powstające podczas spalania tworzyw sztucznych (dioksyny). Mutagenami są też niektóre środki chwastobójcze. Także niektóre wirusy wywołują mutacje.

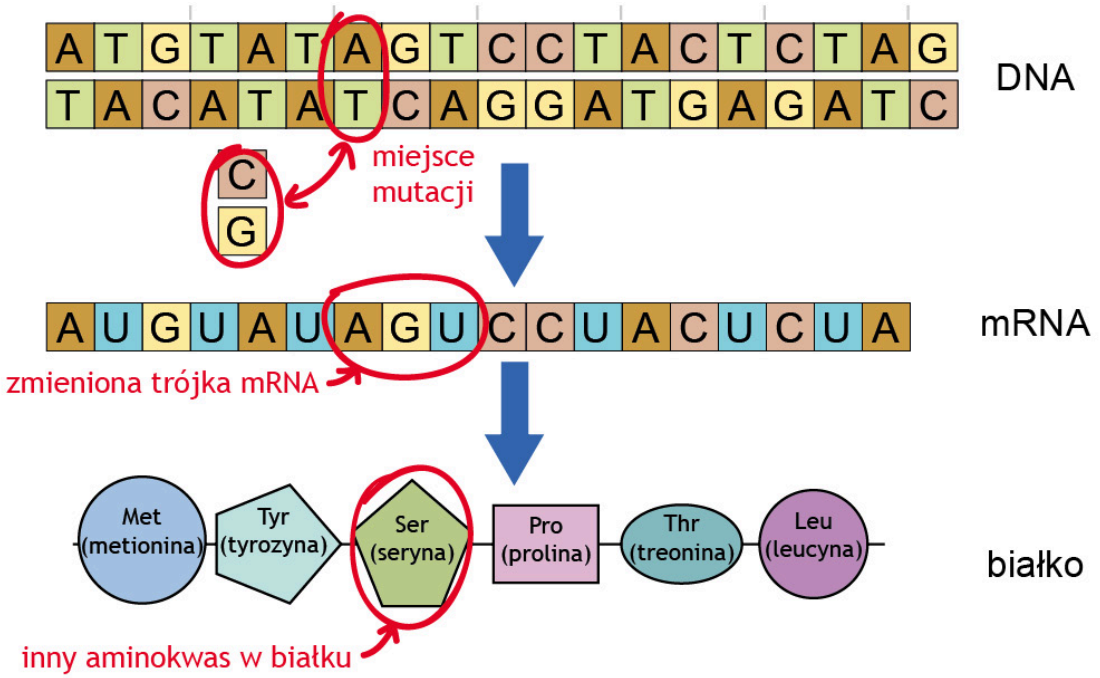
W komórkach znajdują się specjalne enzymy naprawiające uszkodzenia w

DNA. Możliwości naprawy są jednak ograniczone.

Ze względu na wielkość zmiany mutacje podzielono na: genowe i chromosomowe. **Mutacje genowe** są zmianami liczby lub kolejności ułożenia nukleotydów, nie większymi niż długość jednego genu (dotyczą pojedynczych nukleotydów lub krótkich odcinków DNA liczących kilkadziesiąt nukleotydów). **Mutacje chromosomowe** polegają na zmianie fragmentu pojedynczego chromosomu lub liczby całych chromosomów.

6.2. Mutacje i choroby dziedziczne człowieka

Mutacje genowe zwykle powstają podczas replikacji. Może wówczas dojść do zamiany jednego nukleotydu na inny, utraty nukleotydu albo wstawienia dodatkowego nukleotydu.



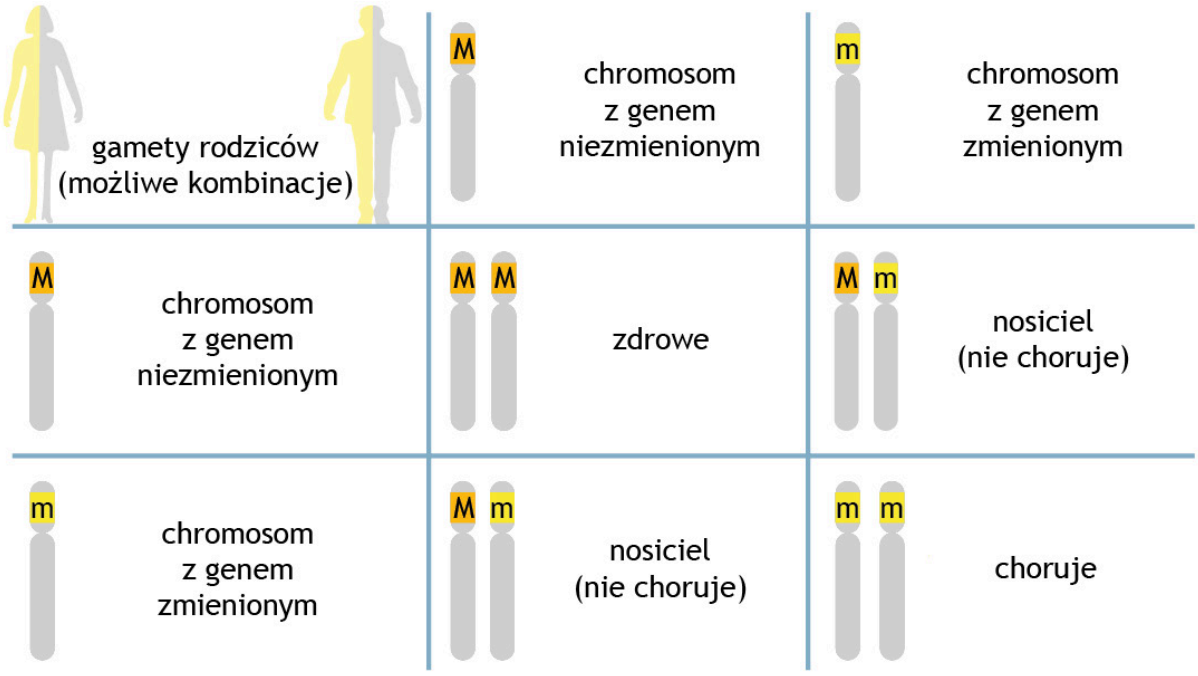
Przykład mutacji genowej powodującej zamianę aminokwasu w kodowanym białku. Po mutacji podczas przepisywania informacji ze zmienionego DNA powstaje mRNA, który zamiast trójki CGU ma trójkę AGU

Przykładem poważnych skutków drobnej mutacji genowej jest **anemia sierpowata** – choroba genetyczna szeroko rozpowszechniona w Afryce. W wyniku zamiany jednej pary nukleotydów dochodzi do zmiany budowy hemoglobiny (zamieniony zostaje tylko jeden aminokwas z kilkuset budujących to białko). Zmieniona hemoglobina słabo wiąże tlen i powoduje

charakterystyczne sierpowate zniekształcenie krwinek czerwonych. Osoby, które mają dwa zmutowane allele, są silnie osłabione i bardzo podatne na różne choroby. Okazało się jednak, że osoby będące heterozygotami mają w erytrocytach zarówno zwykłą hemoglobinę, jak i tę zmienioną. Tacy ludzie nie tylko nie chorują, ale są odporni na zakażenie zarodźcem malarii. Anemia sierpowata jest więc przykładem mutacji jednocześnie niekorzystnej i korzystnej.

Mutacje genowe wywołują także hemofilię, mukowiscydozę, fenyloketonurię i chorobę Huntingtona. Wspomniana już hemofilia jest skutkiem mutacji recesywnej w genie, który koduje jeden z ważnych czynników krzepnięcia krwi.

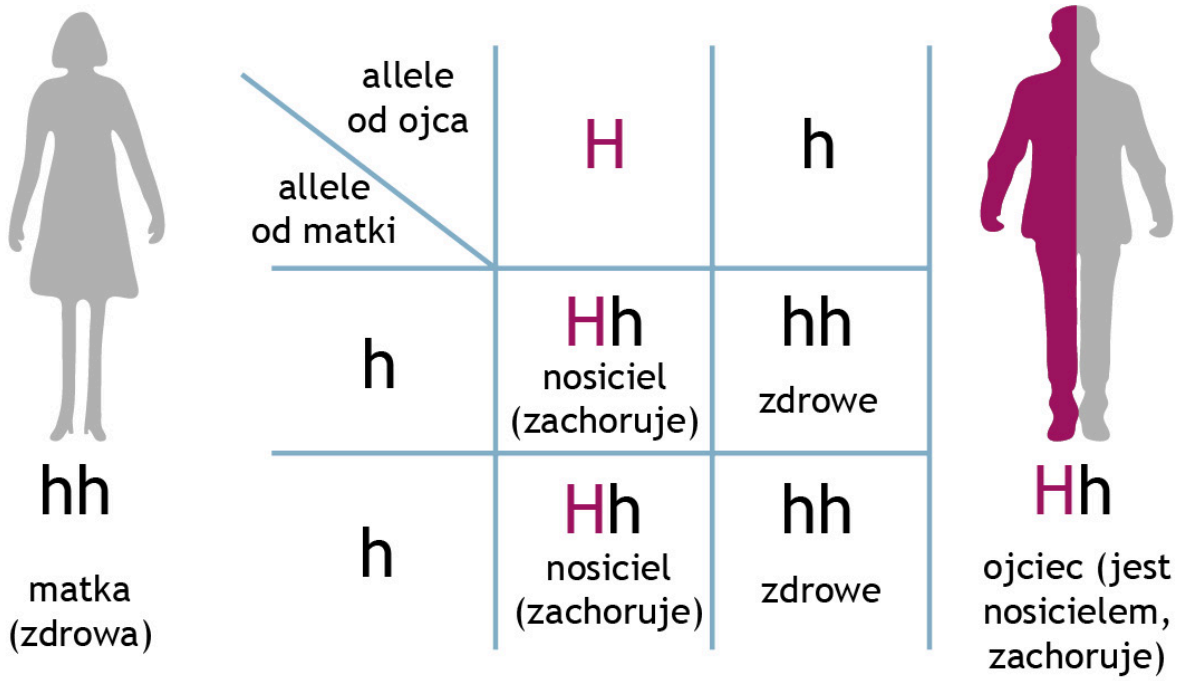
Przyczyną **mukowiscydozy** jest recesywna mutacja w genie kodującym pewne białko błony komórkowej. Przenośnik ten pozwala na transport jonów przez błonę we wszystkich komórkach ciała człowieka. Zmienione białko jest nieaktywne, co zaburza transport jonów w komórkach nabłonkowych i prowadzi do gromadzenia się śluzu w układzie oddechowym. Śluz ten nie tylko utrudnia oddychanie, ale także sprzyja rozwojowi bakterii chorobotwórczych.



Dziedziczenie mukowiscydozy w przykładowej rodzinie. Zwróć uwagę, że płeć rodzica nie ma tu żadnego znaczenia

Fenyloketonurię wywołuje recesywna mutacja w genie kodującym enzym rozkładający jeden z aminokwasów. Zmieniony enzym jest nieaktywny, więc w organizmie chorego gromadzi się nadmiar tego aminokwasu. Skutkiem są poważne uszkodzenia układu nerwowego, co objawia się upośledzeniem umysłowym. Fenyloketonurię można wykryć już u noworodków i zapobiegać jej skutkom, stosując dietę.

Choroba Huntingtona wywoływana jest przez mutację dominującą. Jeśli więc ktoś odziedziczy taki allel, na pewno zachoruje. Osoby chore cierpią na poważne zaburzenia ruchu (niekontrolowane skurcze mięśni) i postępujące otępienie. Na chorobę Huntingtona zapadają zwykle osoby w wieku około 40-50 lat.



Dziedziczenie choroby Huntingtona w przykładowej rodzinie. Zwróć uwagę, że płeć rodzica nie ma tu żadnego znaczenia

Problemy z rozdzieleniem chromosomów w czasie powstawania gamet (zaburzenia mejozy) są częstą przyczyną mutacji chromosomowych. Przykładem jest sytuacja, gdy jedna z gamet ma dwa chromosomy 21 pary. Po zapłodnieniu zygota ma 47 chromosomów (w tym 3 chromosomy nr 21). Osoby z takim kariotypem cierpią na różne dolegliwości fizyczne, często też wykazują opóźnienie umysłowe. Stopień upośledzenia jest różny – część chorych z pewną pomocą może funkcjonować prawie samodzielnie.

Jednostkę chorobową nazwano **zespołem Downa**.

Osoby z zespołem Downa są niezwykle przyjaźnie nastawione do innych ludzi

- Choroby genetyczne wywołane mutacjami:
  - genowymi
    - w autosomach
      - anemia sierpowata
      - mukowiscydoza
      - fenyloketonuria
      - choroba Huntingtona
    - w chromosomach płci (sprzężone z płcią)
      - hemofilia
      - daltonizm (jest wadą nie chorobą!)
  - chromosomowymi
    - zespół Downa

6.3. Badania genetyczne

Osoby z rodzin, w których wystąpiły choroby genetyczne, mogą korzystać

z pomocy **poradni genetycznych**.

Postęp biologii i medycyny spowodował, że coraz więcej chorób genetycznych można dzisiaj wykrywać nawet przed narodzinami dziecka. Badania takie, określane jako **prenatalne**, dzielimy na nieinwazyjne i inwazyjne. **Badania nieinwazyjne** to na przykład analiza składu chemicznego krwi matki oraz USG (badanie ultrasonograficzne). **Badania inwazyjne** polegają na pobraniu i przeanalizowaniu pod mikroskopem niewielkiej liczby komórek z płynu owodniowego lub krwi pępowinowej. Wymaga to nakłucia powłoki jamy brzusznej ciężarnej kobiety i pęcherza owodni (stąd określenie **amniopunkcja**). Wiąże się z tym niewielkie ryzyko uszkodzenia płodu, dlatego lekarz obserwuje nakłuwanie za pomocą ultrasonografu.

Badanie USG jest całkowicie bezpieczne zarówno dla dziecka, jak i jego mamy

6.4. Podsumowanie

1. Mutacje są przypadkowe. Zachodzą samorzutnie podczas replikacji DNA lub pod wpływem działania szkodliwych czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych (tzw. mutagenów). Ze względu na wielkość zmian wywoływanych przez mutacje dzieli się je na punktowe (dotyczą jednego genu) i chromosomowe (dotyczą fragmentu jednego chromosomu

lub zmiany liczby chromosomów).

2. Skutkiem mutacji są choroby genetyczne, jak na przykład anemia sierpowata, mukowiscydoza, fenyloketonuria, choroba Huntingtona (mutacje genowe), zespół Downa (mutacja chromosomowa liczbowa). Wiele chorób genetycznych można wykryć już podczas badań prenatalnych.

3. Mutacje komórek somatycznych wywołują zmiany w funkcjonowaniu komórek, które często prowadzą do powstania nowotworów.

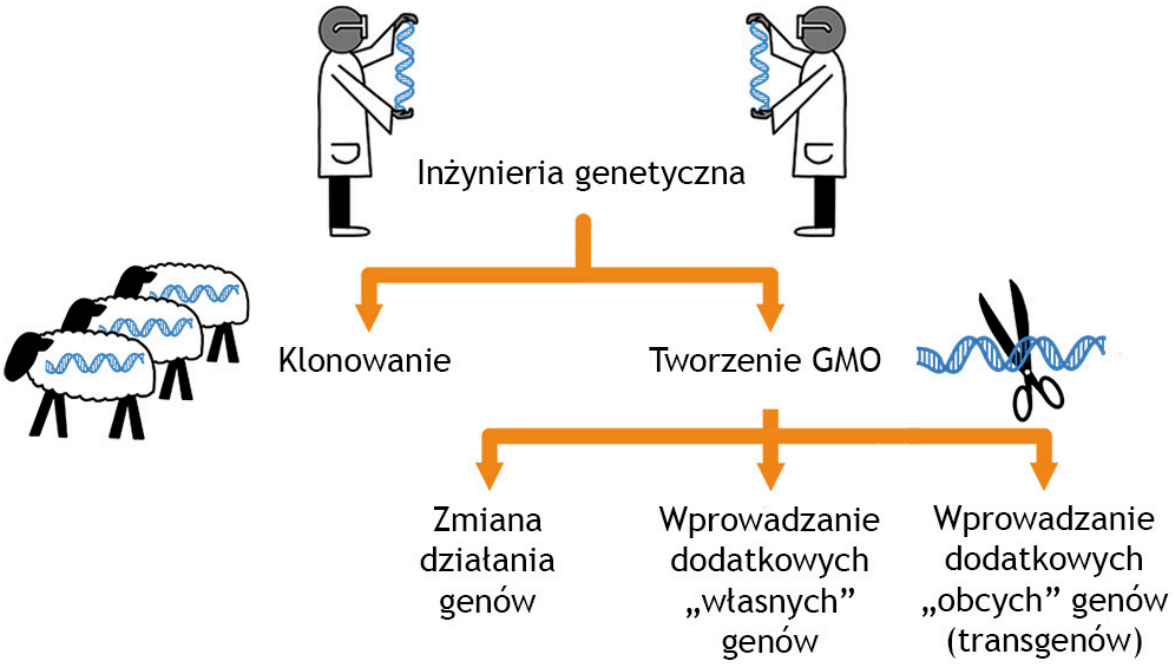
7. Biotechnologia z inżynierią genetyczną

7.1. Biotechnologia

Biotechnologia to dziedzina obejmująca różne sposoby wykorzystania organizmów żywych dla potrzeb człowieka. Przykładem są **selekcyjne zabiegi** hodowców roślin i zwierząt, stosowane od tysięcy lat. Takie działania doprowadziły do udomowienia wielu gatunków oraz do otrzymania ich ras i odmian bardziej użytecznych niż formy dzikie. Innym przykładem jest umiejętność wykorzystania naturalnych procesów komórkowych, na przykład fermentacji, do wytwarzania produktów spożywczych (jogurtów, serów czy piwa).

7.2. Inżynieria genetyczna

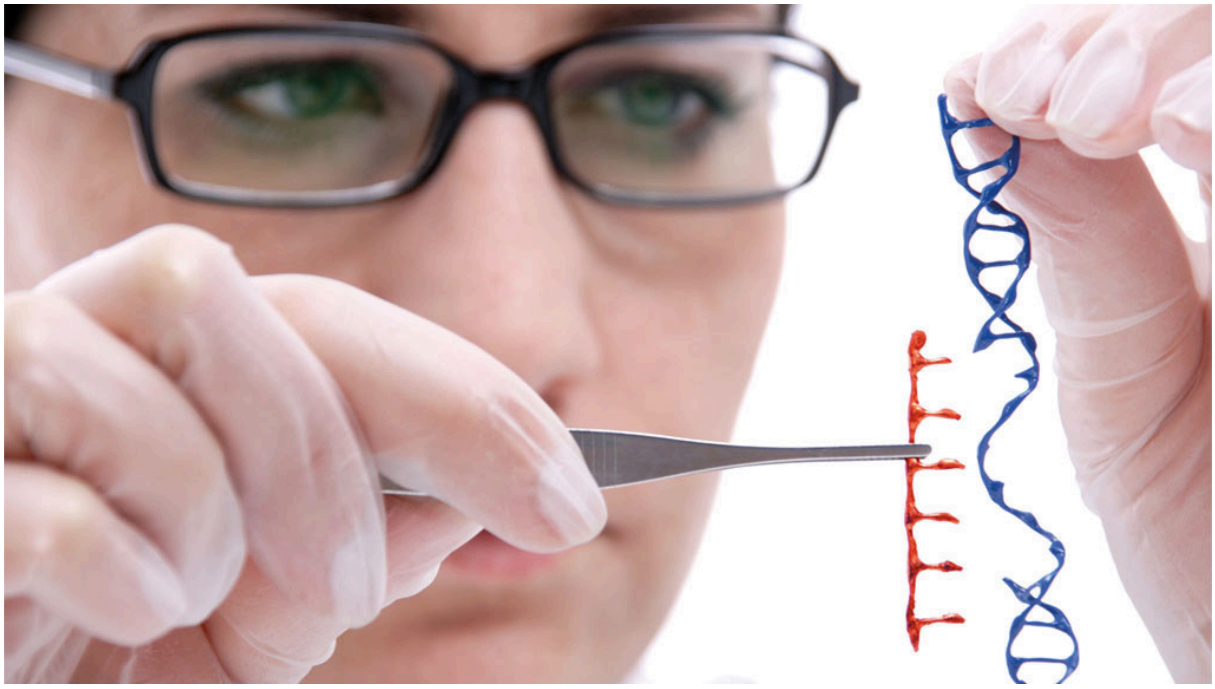
Dzisiaj, mówiąc o biotechnologii, zwykle mamy na myśli **inżynierię genetyczną.** Są to skomplikowane techniki oddzielania wybranych genów, a także powielania, zmieniania i przenoszenia tych genów do innych organizmów. Inżynieria genetyczna pozwala uzyskiwać organizmy z celowo zmienionym DNA (a więc o celowo zmienionych cechach). Nazywamy je ogólnie **organizmami zmodyfikowanymi genetycznie** – GMO (ang. *Genetically Modified Organism*).



Do grupy GMO należą **organizmy transgeniczne** – mają „wbudowane” wybrane geny innych gatunków (transgeny). Do przenoszenia genów między komórkami różnych gatunków wykorzystuje się między innymi odpowiednio przygotowane wirusy lub plazmidy bakterii.

Transgeniczne myszy służą m.in. do testowania nowych leków

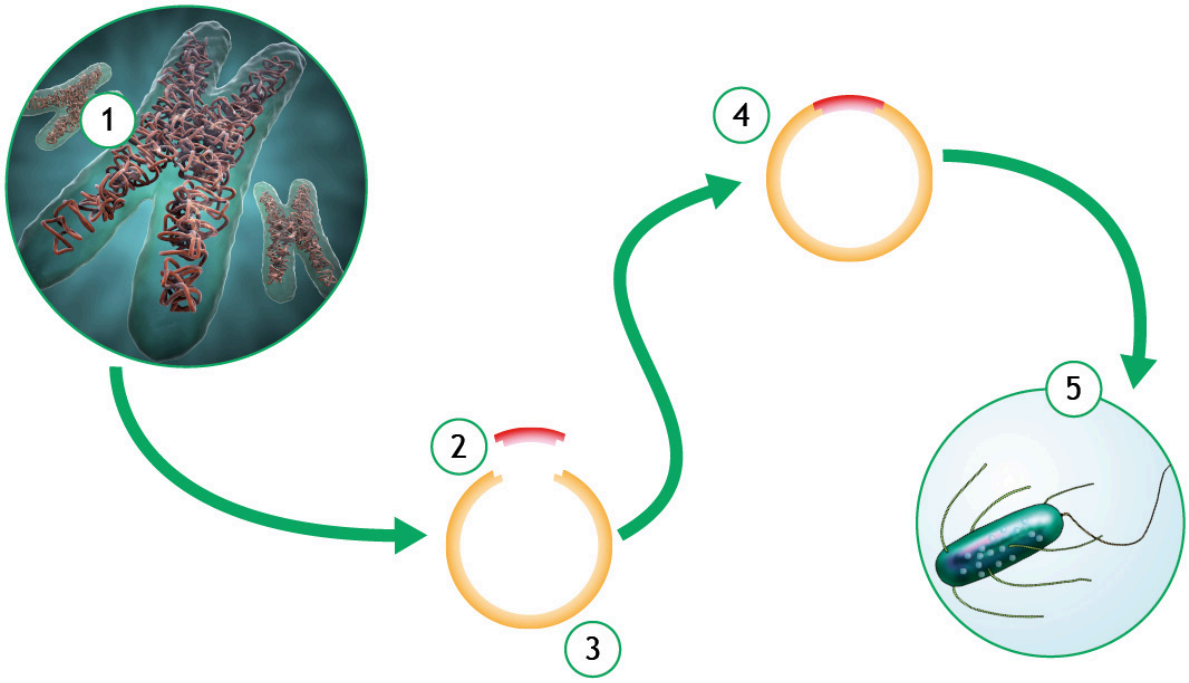
Możliwość przenoszenia genów między różnymi komórkami pojawiła się wraz z odkryciem specjalnych, bakteryjnych enzymów niszczących DNA. Nazwano je **enzymami restrykcyjnymi**, ponieważ bronią komórki bakterii przed atakami bakteriofagów (rozkładają DNA agresora, nie naruszając własnego). Enzymy restrykcyjne tną cząsteczki DNA tylko w pewnych miejscach i zwykle zostawiają przy tym tak zwane lepkie końce (zakończenia tego rodzaju mają określony układ nukleotydów). Jeśli takim enzymem podziałamy na dwie różne cząsteczki DNA, zostaną one pocięte na fragmenty o takich samych końcach. Łańcuchy DNA o takich samych końcach łączone są w jedną całość przez inne enzymy – **ligazy**. Można to porównać do złączenia dwóch połówek rozdartego banknotu.



To oczywiście żart. Do manipulacji DNA wykorzystuje się specjalne enzymy, które tną DNA w określonych miejscach i inne, które łączą wybrane fragmenty DNA

Załóżmy, że znaleziono miejsce w chromosomie, gdzie znajduje się gen kodujący hormon wzrostu. Za pomocą odpowiedniego enzymu restrykcyjnego można wyciąć ten gen (określony fragment DNA dawcy), a następnie połączyć z rozciętym plazmidem bakterii. Taki plazmid staje się wówczas **wektorem** przenoszącym gen dawcy. Następnym etapem jest wprowadzenie wektora do komórki bakterii. Jeśli operacja się powiedzie, zmieniona komórka bakterii stanie się organizmem transgenicznym, który

zacznie produkować ludzki hormon wzrostu (matrycą jest oczywiście przeniesiony gen dawcy). W rzeczywistości przenoszenie transgenów jest dużo bardziej skomplikowane, ale wciąż pojawiają się doniesienia o nowych sukcesach w tym zakresie.



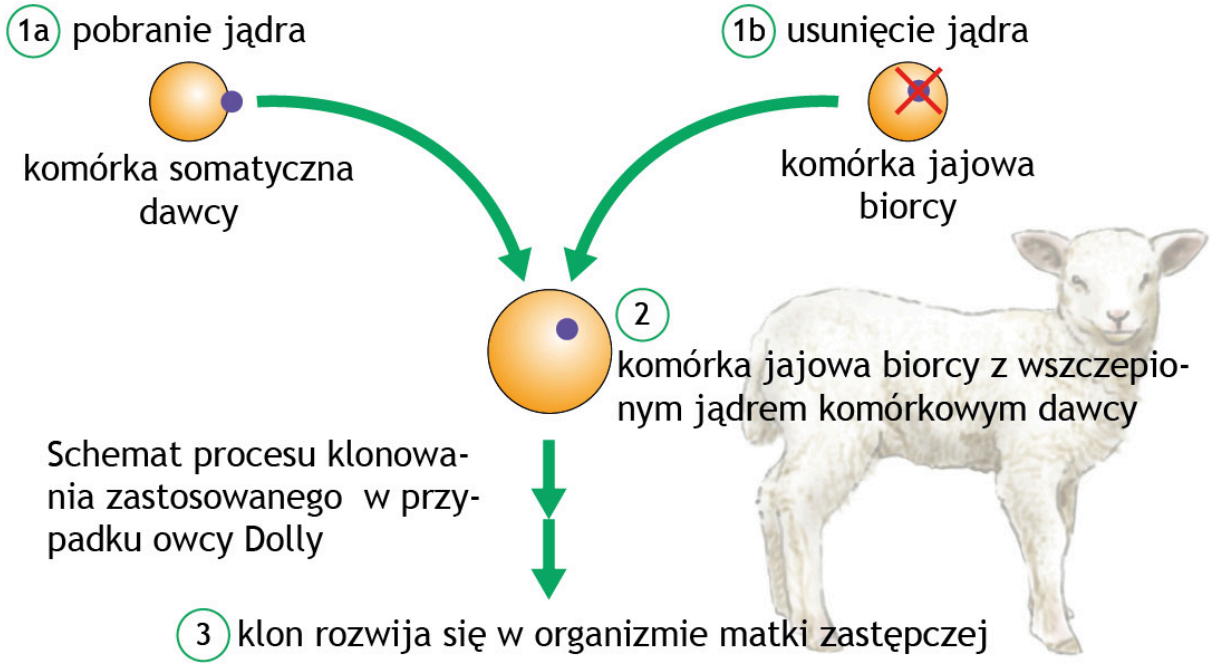
Schemat procedury „przeniesienia" genu do komórki bakterii:

1. Chromosom dawcy z genem, który ma być przeniesiony.
2. Wycięcie genu dawcy przy pomocy enzymu restrykcyjnego.
3. Rozcięcie plazmidu bakteryjnego przez ten sam enzym restrykcyjny.
4. Połączenie plazmidu, czyli wektora z genem dawcy.
5. Do komórki bakteryjnej, czyli biorcy, został wprowadzony plazmid z genem dawcy.

7.3. Zastosowania inżynierii genetycznej

Dzięki inżynierii genetycznej uzyskano już na przykład odmiany roślin odporniejsze na choroby, ryż zawierający gen odpowiadający za wytwarzanie prowitaminy A (substancji, z której organizm człowieka może sam wytworzyć witaminę A) oraz nowe szczepy bakterii z ludzkim genem insuliny. Trwają badania nad **terapiami genowymi** człowieka polegającymi na przykład na wprowadzeniu genu umożliwiającego rozpoznawanie komórek czerniaka złośliwego. Inżynieria genetyczna umożliwia też **klonowanie zwierząt**, czyli uzyskiwanie osobników identycznych

genetycznie z osobnikiem wyjściowym. Pierwszym sklonowanym ssakiem była owca Dolly.



Istota procesu klonowania owcy Dolly

Wkrótce potem wiele państw wprowadziło zakaz klonowania reprodukcyjnego ludzi. Wielu pacjentów pokłada duże nadzieje w tak zwanym **klonowaniu terapeutycznym**. W tym przypadku chodzi o klonowanie ludzkich komórek macierzystych pobranych z zarodków i uzyskanie w ten sposób narządów umożliwiających przeszczepy. Jednakże i ta metoda budzi wielkie wątpliwości moralne oraz etyczne.

Organizmy zmodyfikowane genetycznie są dzisiaj wielką nadzieją na rozwiązanie problemu głodu, niedoboru witamin, na zwiększenie wydajności rolnictwa i poprawę zdrowia wielu ludzi. Jednocześnie jednak budzą wiele uzasadnionych obaw, dlatego w krajach Unii Europejskiej zarówno uprawy GMO, jak i żywność GMO są specjalnie oznakowane.

Wielu ludzi uważa, że organizmy i produkty GMO należy oznaczać międzynarodowym symbolem zagrożenia biologicznego

Przykłady organizmów GMO:

- Złoty ryż 2 (zmiana polega na wprowadzeniu do ryżu genu kukurydzy, który koduje prekursor witaminy A; celem modyfikacji genetycznej jest zlikwidowanie niedoboru witaminy A wśród ludności południowej Azji);

- Zmodyfikowany len (zmiana polega na wprowadzeniu do lnu genów, które kodują silne związki przeciwutleniające; celem modyfikacji genetycznej jest stworzenie opatrunków przyspieszających gojenie się ran; jest to polski wynalazek);
- Zmodyfikowany ziemniak lub banan (zmiana polega na wprowadzeniu niektórych genów wirusa wścieklizny; celem modyfikacji genetycznej jest stworzenie taniej, jadalnej i łatwo dostępnej szczepionki przeciw wściekliźnie; produkt poddawany jest badaniom);
- Kukurydza MON 810* (zmiana polega na wprowadzenie genu bakterii, który koduje białko trujące dla owada - omacnicy - szkodnika kukurydzy; celem modyfikacji genetycznej jest stworzenie roślin odpornych na szkodniki; zmniejszenie zużycia trujących środków ochrony roślin).

* W niektórych krajach Europy, np. we Włoszech, zakazano uprawy kukurydzy MON 810 do czasu uzyskania wyników badań nad jej potencjalną szkodliwością

7.4. Podsumowanie

1. Badania genetyków wykorzystuje biotechnologia i inżynieria genetyczna. Dotyczy to możliwości kontrolowanego dokonywania zmian w DNA oraz przenoszenia genów do innych komórek. Efektem pracy genetyków są organizmy zmodyfikowane genetycznie (GMOs), na przykład organizmy transgeniczne będące źródłem zmodyfikowanej żywności. Obecnie na szeroką skalę prowadzone są badania nad klonowaniem organizmów i terapiami genowymi.

2. W niektórych przypadkach efekty badań genetycznych są trudne do przewidzenia i budzą poważne wątpliwości natury etycznej.

8. Panel kontrolny Kursu XVIII

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XVIII (na www.terazwiedza.pl).

8.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 2. DNA i jego rola biologiczna

1. Narysuj schemat budowy cząsteczki DNA i wyjaśnij, w jaki sposób jest ona kopiowana.
2. Wyjaśnij, czym jest gen oraz wymień podstawowe cechy kodu genetycznego.
3. Omów przebieg biosyntezy białka.

Polecenia do lekcji 3. i 4. Podziały komórkowe – mitoza i mejoza

1. Wymień i scharakteryzuj typy podziałów komórkowych.
2. Przygotuj, wykorzystując dostępne materiały (np. plastelinę), modele ilustrujące etapy mitozy lub mejozy.

Polecenia do lekcji 5. Dziedziczenie genów

1. Wytłumacz, na czym polegały doświadczania Mendla oraz jaki był jego wkład w rozwój genetyki.
2. Wyjaśnij pojęcia: gen, allel, kariotyp, homozygota, heterozygota, genotyp, fenotyp.
3. Podaj dwa przykłady chorób dziedzicznych i wyjaśnij, w jaki sposób są przekazywane.

Polecenia do lekcji 6. Mutacje i ich znaczenie

1. Wyjaśnij, czym jest mutacja oraz wymień jej rodzaje.
2. Sporządź schemat przedstawiający klasyfikację mutagenów.
3. Opracuj tabelę chorób genetycznych i ich objawów.

Polecenia do lekcji 7. Biotechnologia i inżynieria genetyczna

1. Wytłumacz, czym zajmuje się biotechnologia i inżynieria genetyczna oraz podaj ich zastosowanie w praktyce.
2. Zdefiniuj pojęcia: organizmy zmodyfikowane genetycznie (GMOs), organizmy transgeniczne, klonowanie organizmów.

8.2. Ważne pojęcia

• zmienność • zmienność genetyczna • kwas deoksyrybonukleinowy (DNA) • chromatyna • replikacja • gen • kod genetyczny: trójkowy, uniwersalny • biosynteza białka: transkrypcja, translacja • kwasy rybonukleinowe: informacyjny RNA (mRNA), transportujący RNA (tRNA) • chromosom • chromatydy • chromosomy homologiczne • mitoza • mejoza • podział redukcyjny

• I prawo Mendla • allel • homozygota: dominująca, recesywna • heterozygota • genotyp • fenotyp • chromosomy płci • autosomy • mutacja • mutacje genowe • mutacje chromosomowe • mutageny • choroby genetyczne • hemofilia • zespół Downa • anemia sierpowata • mukowiscydoza • choroba Huntingtona • badania prenatalne

• biotechnologia • inżynieria genetyczna • enzymy restrykcyjne • wektor • organizmy transgeniczne • organizm zmodyfikowany genetycznie (GMO)

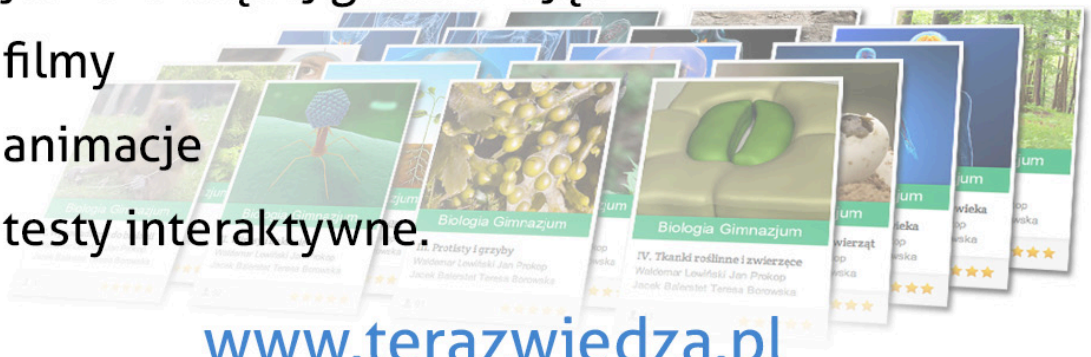
System do nauki biologii online (LMS)

jeszcze więcej grafik i zdjęć

filmy

animacje

testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

Sprawdź już teraz!

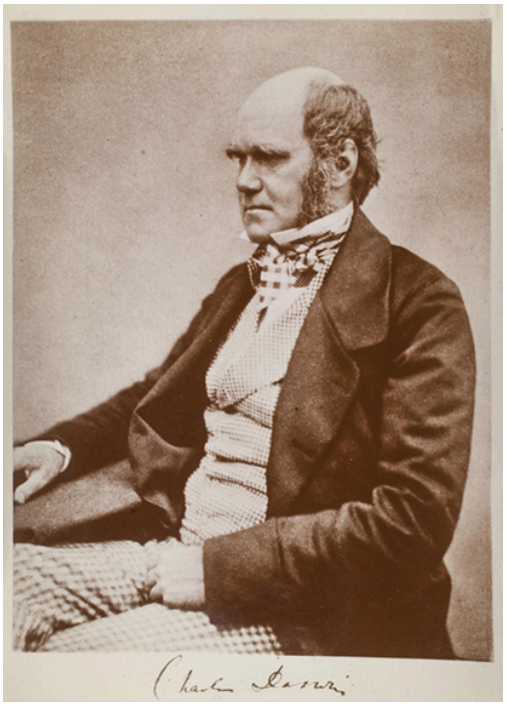
XIX. Ewolucja biologiczna

1. Dowody ewolucji

1.1. Ewolucja

Ewolucja biologiczna to proces powolnych zmian, któremu podlegają wszystkie organizmy od początku życia na Ziemi do dzisiaj. Zmiany te prowadzą do powstawania nowych gatunków (mówimy, że w wyniku ewolucji jedne formy przekształcają się w inne, czyli ewoluują). Tak rozumiana ewolucja wyjaśnia zarówno ogromne zróżnicowanie gatunków żyjących obecnie, jak i fakt, że są one inne od form zamieszkujących Ziemię w odległej przeszłości.

Odkrycie istnienia ewolucji zawdzięczamy **Charlesowi** (Karolowi) **Darwinowi** oraz **Alfredowi R. Wallace'owi**. Obaj angielscy badacze dokonali tego niezależnie od siebie w drugiej połowie XIX w. Na ich cześć teorię ewolucji często nazywa się **teorią Darwina-Wallace'a**.



Charles Darwin na starej fotografii (ok. 1854 r.)

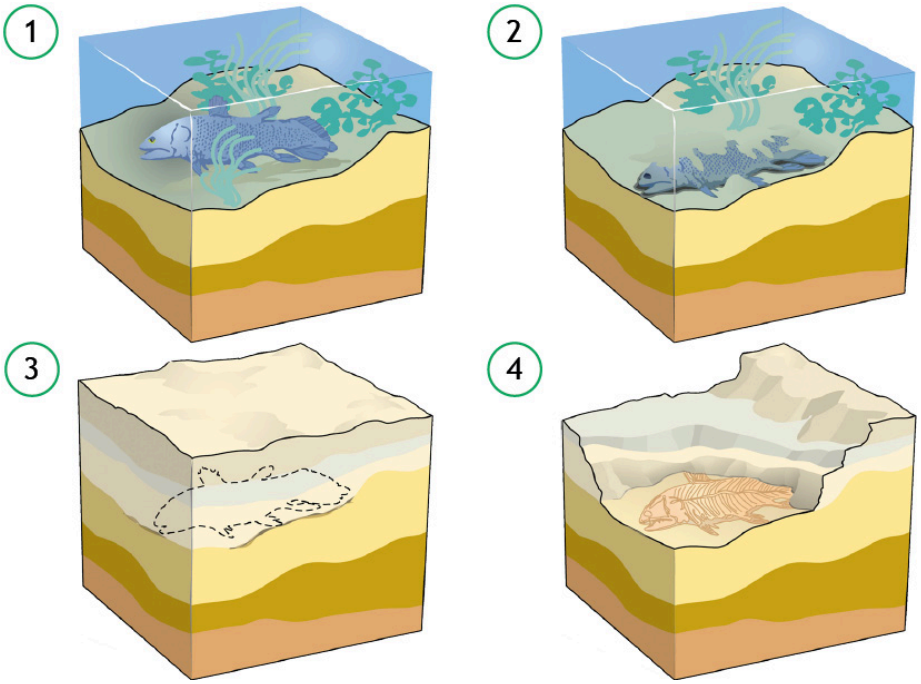
1.2. Bezpośrednie i pośrednie dowody ewolucji

Teoria ewolucji opiera się na solidnej podstawie naukowej – stanowią ją **dowody ewolucji**, które dzielimy na bezpośrednie i pośrednie.

- Dowody ewolucji
  - bezpośrednie
    - skamieliny (skamieniałości)
      - elementy szkieletu
      - odciski
      - odlewy
      - konserwacja całego organizmu (rzadko)
  - pośrednie
    - z anatomii (narządy homologiczne)
    - z embriologii (podobieństwo zarodków)
    - z biochemii (m.in. budowa białek i DNA)
    - z biogeografii (relikty i endemity)

Podział dowodów ewolucji

Bezpośrednimi dowodami ewolucji są skamieniałości, czyli zachowane w skałach kopalne szczątki organizmów. Najczęściej zachowały się tylko twarde części szkieletu (pancerzy, kości), ale liczne są też odlewy (wypełnione przestrzenie po tkankach miękkich) oraz różne odciski (liści, ślady kroczenia lub pełzania). Skamieniałości zwykle powstają na skutek powolnego zastąpienia substancji budujących organizmy związkami mineralnymi. Skamieniałości mówią nam, jak wyglądały rośliny i zwierzęta minionych epok. Czasem dostarczają również informacji o ich anatomii i o tym, jak żyły.



Powstawanie skamieniałości

1. Miliony lat temu martwa ryba trzonopłetwa opada na dno morza.

2. Ciało ryby zostaje przykryte warstwą osadzających się drobin mułu i piasku.

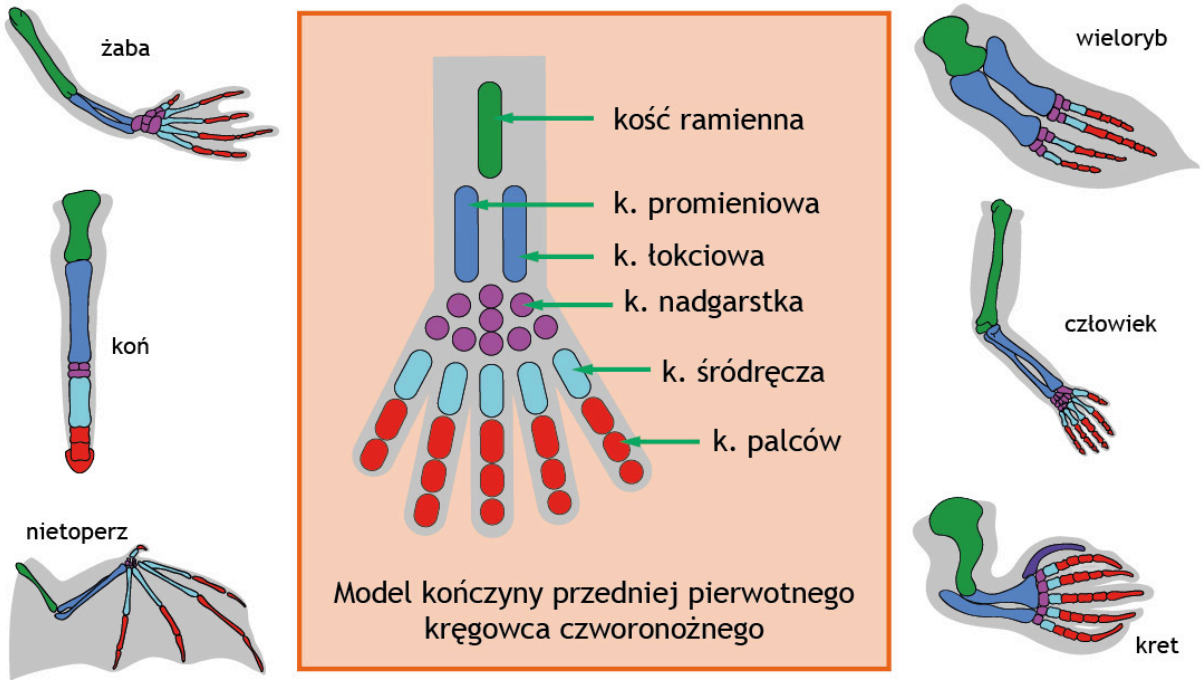
3. Pod wpływem wysokiego ciśnienia muł i piasek zaczynają się przekształcać w skałę osadową. Substancje budujące ciało ryby ulegają powolnej mineralizacji.

4. Procesy erozji skały osadowej odsłaniają skamieniałe szczątki ryby. Najlepiej zachował się szkielet, ponieważ został nasycony krzemionką i wapieniem).

Ewolucję potwierdzają także **żywe skamieniałości** (żywe skamieliny) – **reliktowe gatunki** roślin i zwierząt, których krewni dawno już wymarli. Przykładem jest **miłorząb dwuklapowy** (jedyny żyjący przedstawiciel miłorzębowych – nagonasiennych o liściach spłaszczonych, opadających na zimę) oraz **latimeria** (ostatni przedstawiciel ryb z płetwami osadzonymi na charakterystycznych trzonkach; pozostałe ryby trzonopłetwe wymarły ok. 250 mln lat temu).

Latimeria żyje dzisiaj w Oceanie Indyjskim (grafika przedstawia model komputerowy)

O ewolucji świadczą też **dowody pośrednie**. Wystarczy zwrócić uwagę na podobieństwa lub różnice w budowie anatomicznej, czynnościach życiowych, składzie chemicznym białek i DNA czy rozwoju zarodkowym współczesnych organizmów. Klasycznym pośrednim dowodem ewolucji są **narządy homologiczne**, czyli takie, które mają wspólne pochodzenie, podobny ogólny plan budowy, mimo że pełnią różne funkcje. Narządami homologicznymi są kończyny przednie kręgowców – warto porównać skrzydło ptaka, skrzydło nietoperza, płetwę walenia i kończynę górną człowieka. Organami homologicznymi u roślin są na przykład wąsy czepne bluszczu, ciernie tarniny i łodyga słonecznika.



Porównanie szkieletu kończyny przedniej wybranych kręgowców (zauważ, że kończyny różnych kręgowców czworonożnych zachowały wspólny plan budowy odziedziczony po przodkach)

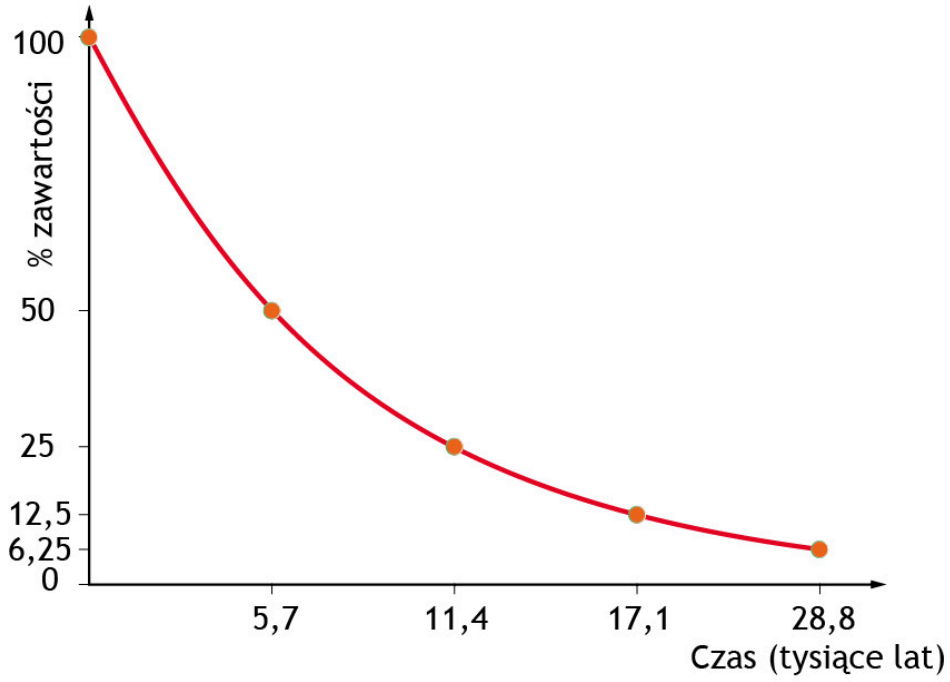
Dość często na skutek ewolucji w podobnych warunkach środowiskowych wykształcały się **narządy analogiczne** – takie, które mają różne pochodzenie, różny plan budowy, ale wyglądają podobnie, ponieważ pełnią taką samą funkcję. Przykładem są skrzela raka (ukrwione wyrostki odnóży) i skrzela ryby (ukrwione wyrostki przedniego odcinka przewodu pokarmowego) oraz skrzydła owada (wyrostki ścian segmentów tułowia) i skrzydła ptaka (przekształcone kończyny przednie). Analogię widać także w kształcie ciała, na przykład rekina, delfina czy niektórych ichtiozaurów (kopalnych gadów zamieszkujących morza w erze mezozoicznej). Narządy analogiczne są dowodem różnego, a nie wspólnego pochodzenia organizmów.

1.3. Datowanie zjawisk ewolucyjnych

W badaniach procesu ewolucji bardzo ważne jest ustalenie czasu, kiedy żyły organizmy, czyli **datowanie** ich szczątków. Datowanie może być bezwzględne (bezpośrednie) lub względne (pośrednie). **Datowanie bezwzględne** polega na ustaleniu, ile lat temu żył dany organizm. Większość metod datowania bezwzględnego wykorzystuje zjawisko rozpadu promieniotwórczego pierwiastków (czas tego rozpadu jest znany i

nie ulega zmianie). Badanie polega na określeniu obecnej zawartości danego izotopu w próbce (w szczątkach).

Do metod izotopowych zalicza się **datowanie radiowęglowe** oraz datowanie potasowo-argonowe. Pierwsza metoda wykorzystuje zjawisko rozpadu izotopu węgla 14C do izotopu 12C (czas połowicznego rozpadu wynosi około 5700 lat). Jeśli więc w próbce jest na przykład połowa ilości 14C, ma ona 5700 lat. Metoda potasowo-argonowa wykorzystuje bardzo powolny rozpad izotopu potasu 40K do argonu 40Ar w skałach wulkanicznych (czas połowicznego rozpadu wynosi aż 1 miliard 300 milionów lat). Jeśli znalezione szczątki znajdowały się w takich skałach, możemy ustalić ich wiek, określając czas powstania skały wulkanicznej (przyjmujemy, że cały argon 40Ar powstał po zastygnięciu skały).



Datowanie bezwzględne metodą pomiaru aktualnej zawartości izotopu węgla 14C w próbce

Datowanie względne polega zwykle na ustaleniu wieku szczątków przez określenie, w jakich warstwach skalnych zostały odnalezione (przyjmujemy, że warstwa leżąca niżej jest starsza).

1.4. Podsumowanie

1. Ewolucja biologiczna jest procesem powolnych zmian świata istot żywych, które prowadzą do powstawania nowych gatunków.

2. Dowody świadczące o ewolucji dzielimy na bezpośrednie i pośrednie. Bezpośrednimi dowodami są skamieniałości, czyli odciski w materiale skalnym, skamieniałe szczątki lub zakonserwowane całe organizmy. Nieliczne żyjące gatunki (znane także ze skamieniałości), będące pozostałością po grupach dawno wymarłych, nazywamy żywymi skamieniałościami. Pośrednie dowody ewolucji uzyskuje się w wyniku porównywania budowy i czynności życiowych gatunków żyjących współcześnie.

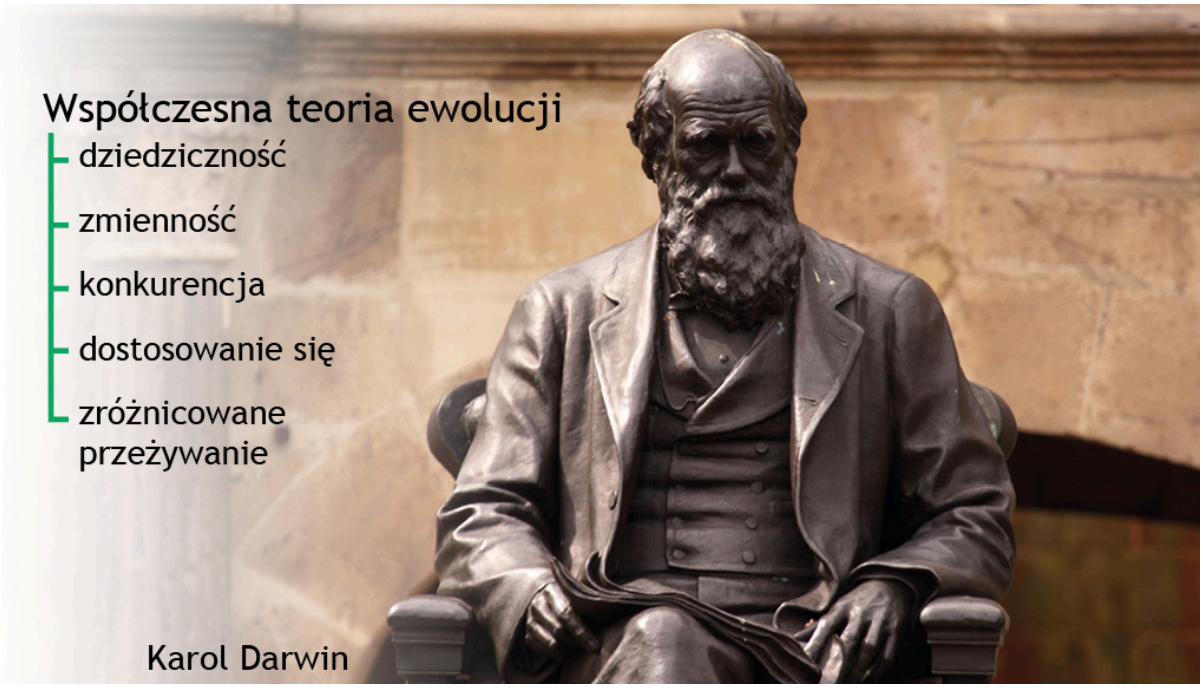
3. Dowodami ewolucji z zakresu anatomii są narządy homologiczne. Narządy homologiczne, pomimo pełnienia różnych funkcji, charakteryzuje wspólne pochodzenie oraz podobny plan budowy (np. kończyny wszystkich kręgowców czworonożnych). Z kolei narządy analogiczne są do siebie podobne, lecz mają różny plan budowy i pochodzenie (np. skrzydło owada i skrzydło ptaka).

2. Podstawowe założenia współczesnej teorii ewolucji

2.1. Teoria ewolucji

Od czasów Darwina i Wallace'a teoria ewolucji się rozwinęła, zwłaszcza dzięki zdobyczom genetyki. **Współczesna teoria ewolucji** wyjaśnia przede wszystkim, dlaczego i w jaki sposób nieustannie przebiega proces powstawania nowych gatunków (**specjacja**).

Zasadniczymi założeniami współczesnej teorii ewolucji są: dziedziczność, zmienność, konkurowanie o zasoby środowiska, dostosowanie się i przeżywanie osobników najlepiej dostosowanych.



Wyjaśnijmy to po kolei.

1. **Dziedziczność** oznacza, że organizmy dziedziczą cechy swoich przodków.

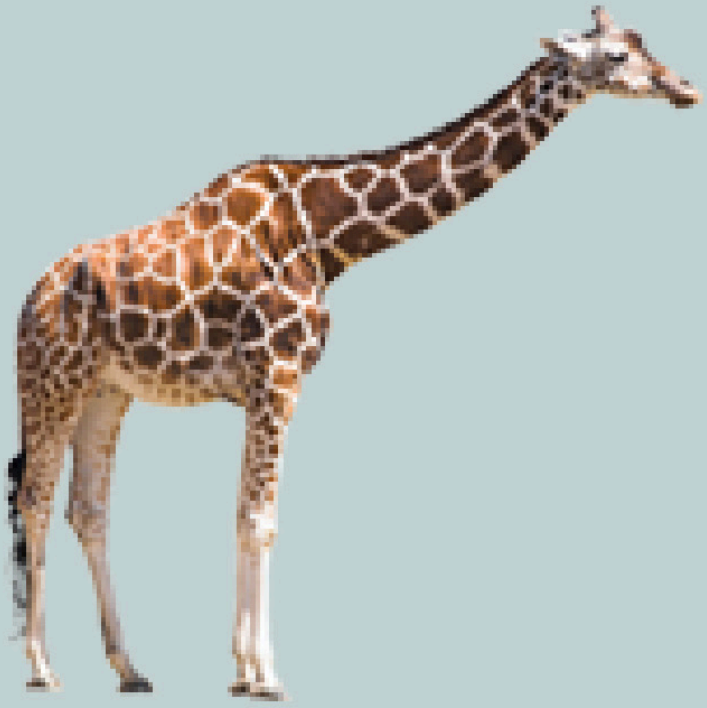
2. Biochemiczną **podstawą dziedziczenia** (nośnikiem informacji genetycznej) są cząsteczki DNA, w których pojawiają się przypadkowe zmiany – mutacje. Mutacje są pierwotnym źródłem zmienności genetycznej. Drugim źródłem tej zmienności jest rekombinacja genów. Zmienność genetyczną obserwujemy między innymi jako ogromne zróżnicowanie organizmów należących do jednego gatunku (różnorodność

wewnątrzgatunkową).

3. Już w czasach Darwina zauważono, że wszystkie organizmy wydają na świat znacznie więcej potomstwa niż może przeżyć. Ponieważ zasoby środowiska przyrodniczego są ograniczone, organizmy potomne muszą nieustannie o nie **konkurować**, między innymi o pokarm, światło, wodę, miejsce do życia, partnera do rozrodu. Darwin nazwał konkurencję o zasoby **walką o byt**.

Ciekawe!

Na początku XIX w. francuski uczony **Jean-Baptiste de Lamarck** stworzył teorię ewolucji biologicznej. Stwierdził w niej między innymi, że narządy używane się rozwijają, nieużywane zaś uwstecznią się i zanikają (w ten sposób tłumaczył długą szyję żyrafy i niewielkie skrzydła strusia). Powstające w ciągu życia osobnika nowe cechy miałyby być dziedziczne. Teoria Lamarcka okazała się w wielu założeniach błędna, ale była próbą wykazania, że przyczyną zmienności gatunków może być ewolucja.

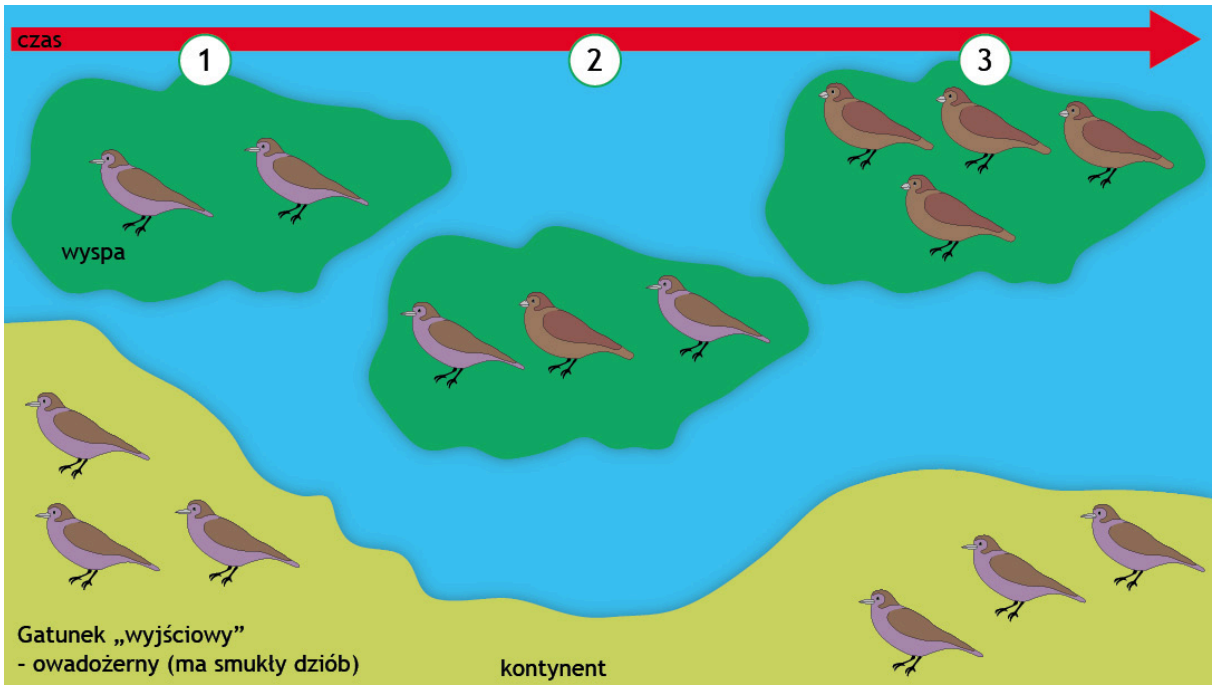


2.2. Dobór naturalny

Czasem się zdarza, że nowa cecha, która powstała na skutek mutacji lub rekombinacji, ułatwia konkurowanie o zasoby środowiska. Osobniki mające nową, korzystniejszą cechę są **lepiej dostosowane** do życia w danym środowisku (do walki o byt). Osobniki takie mają więc większe szanse, że dorosną i wydadzą na świat potomstwo. Z kolei osobniki **gorzej**

dostosowane giną bądź pozostawiają mniej liczne i gorzej dostosowane potomstwo. Ogół czynników środowiskowych wpływających na przeżywanie osobników i pozostawianie potomstwa Darwin nazwał **doborem naturalnym**. Dobór naturalny (selekcja naturalna) powoduje, że w kolejnych pokoleniach potomnych zwiększa się udział osobników lepiej dostosowanych. Jeśli proces taki będzie trwał dostatecznie długo, może doprowadzić do **specjacji**, czyli powstania nowego gatunku.

O wyodrębnieniu się (powstaniu) nowego gatunku możemy mówić wówczas, gdy nie będzie możliwe krzyżowanie się z osobnikami „starego" gatunku. Nowe gatunki powstają najczęściej w tych miejscach, gdzie populacje osobników zostają od siebie **odizolowane** (oddzielone) – żyją na wyspach, rozdziela je ocean lub pasmo górskie. Jeżeli warunki środowiskowe w tych miejscach są wyraźnie różne, specjacja może zachodzić szybko (dobór naturalny działa na obie populacje inaczej). Specjacja może też być skutkiem przystosowywania się organizmów do zmieniających się warunków życia.



Powstawanie nowego gatunku - przykład:

1. Następuje przypadkowa migracja osobników gatunku owadożernego na odległą wyspę. Na tej wyspie jest mało owadów, ale dużo ziaren traw.

2. Zachodzi mutacja. Przypadkowa zmiana doprowadza do powstania osobnika

masywniejszego z grubym dziobem.

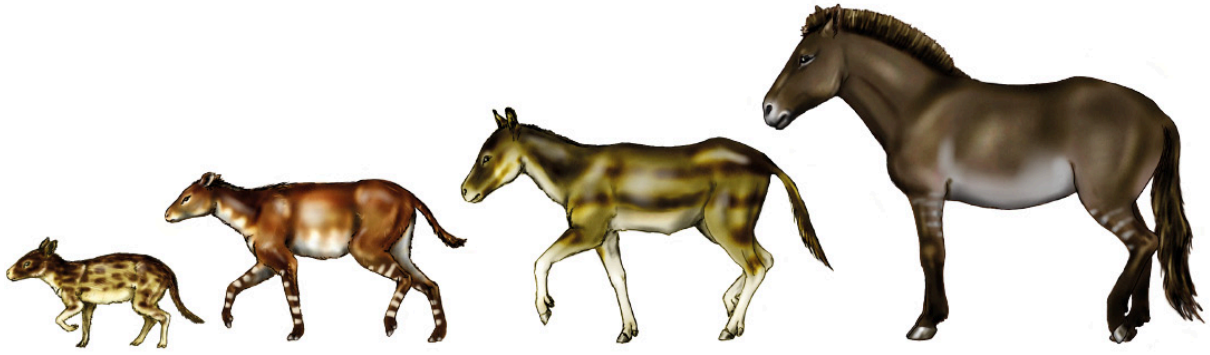
3. W wyniku działania doboru naturalnego na wyspie żyją już tylko grubodziobe ziarnojady. Powstaje nowy gatunek (na kontynencie nadal żyje jego przodek).

2.3. Ewolucja przodków konia domowego

Przed chwilą przedstawiliśmy proces powstania nowego gatunku ptaka na izolowanej wyspie. Był to przykład teoretyczny. Czas zatem na przykład, który opiera się na datowanych i dobrze opisanych, kopalnych szczątkach.

Załóżmy, że cofamy się w czasie o prawie 50 milionów lat. Jesteśmy w wilgotnym lesie równikowym i między drzewami dostrzegamy niewielkiego, zwinnego ssaka z czteropalczastymi, niewyspecjalizowanymi kończynami (trzeci palec jest jednak wysunięty). Zauważamy też, że zwierzę to odżywia się owocami, a jego zęby trzonowe mają niskie korony. To *Hyracotherium* - daleki przodek konia domowego (*Equus caballus)*.

Przenosząc się w czasie co kilka milionów lat, stwierdzimy, że klimat stawał się coraz bardziej suchy i teren ulegał wylesieniu. Zauważymy, że za każdym razem kolejni potomkowie owego przodka konia coraz bardziej się od niego różnią. Ostatni potomek – współczesny koń domowy – jest dużym, szybko biegającym ssakiem nieparzystokopytnym (ze zredukowaną liczbą palców w kończynach), o wysokich i spłaszczonych zębach trzonowych ułatwiających żucie traw.



1. *Hyracotherium* 2. *Mesohippus* 3. *Meryhippus* 4. Koń współczesny

Ewolucja koniowatych (zwróć uwagę na wzrost masy ciała, redukcję liczby palców, wykształcenie kopyt i wydłużanie koron zębów trzonowych):

1. Wymarły przodek: niewielkie zwierzę leśne mierzące ok. 0,5 m wysokości.

2 i 3.Wymarłe formy „pośrednie”.

4. Koń współczesny: duże zwierzę przystosowane do otwartych przestrzeni, mierzące ok.

1,6 m w kłębie.

Ewolucja nie ma z góry założonego celu, lecz po prostu się dzieje. My natomiast postrzegamy ją jako proces kierunkowy prowadzący od jednego gatunku do drugiego, często zakładamy przy tym, że gatunki ewoluują od form prostszych do złożonych. W rzeczywistości ewolucja jest skutkiem zjawisk całkowicie przypadkowych – mutacji i rekombinacji, a o tym, które osobniki przeżyją i pozostawią potomstwo, decyduje dobór naturalny. To dlatego na przykład współczesne tasiemce mają prostszą budowę niż ich wolno żyjący przodkowie. Z kolei ssaki mają m.in. znacznie bardziej złożony mózg niż ich gadzi przodkowie.

2.4. Podsumowanie

1. Charles (Karol) Darwin i Alfred R. Wallace, twórcy teorii ewolucji, wykazali, że proces ewolucji jest wynikiem zjawisk zachodzących w przyrodzie: nadmiernej rozrodczości, zmienności, walki o byt i działania doboru naturalnego.

2. Organizmy konkurują ze sobą o ograniczone zasoby środowiska. W walce o byt przeżywają i wydają najwięcej potomstwa te osobniki, które charakteryzują się najlepszą kombinacją cech. Zmiany dziedziczne, korzystne dla funkcjonowania w określonych warunkach środowiska, kumulują się z pokolenia na pokolenie, prowadząc z czasem do powstawania nowych gatunków, czyli specjacji. W specjacji istotną rolę odgrywa także izolacja.

3. Panel kontrolny Rozdziału XIX

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XIX (na www.terazwiedza.pl).

3.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Dowody ewolucji

1. Zdefiniuj pojęcia: ewolucja, paleontologia.

2. Po analizie tekstu lekcji uzupełnij graf ilustrujący klasyfikację dowodów ewolucji.

3. Dobierając odpowiednie przykłady, wyjaśnij, czym są bezpośrednie i pośrednie dowody ewolucji.

4. Wyjaśnij, co to są narządy homologiczne i analogiczne, oraz wymień ich przykłady.

Polecenia do lekcji 2. Podstawowe założenia teorii ewolucji

1. Wymień podstawowe założenia teorii Darwina-Wallace'a.

2. Wyjaśnij, na czym polega dobór naturalny.

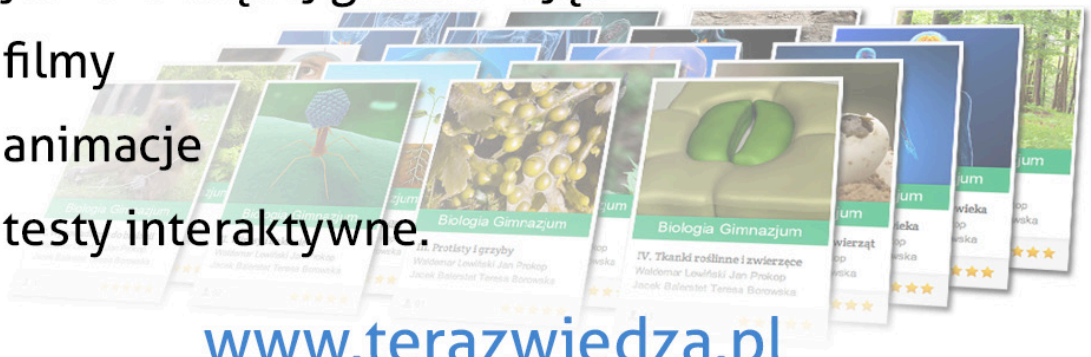
3. Przedstaw zasadnicze warunki i przebieg procesu powstawania gatunków (specjacji).

3.2. Ważne pojęcia

• ewolucja biologiczna • dowody ewolucji: bezpośrednie (skamieniałości, żywe skamieniałości), pośrednie (narządy homologiczne) • narządy analogiczne • datowanie bezpośrednie • datowanie pośrednie • współczesna teoria ewolucji: dziedziczność, zmienność, walka o byt (konkurencja), zróżnicowane przeżywanie • dobór naturalny i sztuczny • izolacja geograficzna • powstawanie gatunków (specjacja) • hominidy

System do nauki biologii online (LMS)

- jeszcze więcej grafik i zdjęć
- filmy
- animacje
- testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

Sprawdź już teraz!

XX. Podstawy ekologii

1. Populacje i oddziaływania międzypopulacyjne

1.1. Wstęp

Zacznijmy od przypomnienia, że **ekologia** jest nauką badającą wzajemne oddziaływania między organizmami oraz między organizmami a środowiskiem ich życia. Ekolodzy nie zajmują się badaniem pojedynczych osobników, ale całych grup organizmów. Podstawowym poziomem, który badają, jest więc **populacja**. Bardziej złożone układy przyrodnicze opisywane przez ekologów to biocenozy, ekosystemy, biomy, a także cała biosfera. Interesują się więc na przykład populacją rozwielitek w stawie lub afrykańską sawanną.

Biocenoza lasu liściastego jest przykładem bardzo złożonego układu przyrodniczego

Uwaga: zależnościami między pojedynczymi organizmami a ich środowiskiem życia zajmuje się m.in. **fizjologia**.

1.2. Nisze ekologiczne i zasięgi

W sensie geograficznym miejsce, w którym znajduje się (żyje) organizm, to jego **stanowisko** (np. Puszcza Białowieska). W ujęciu ekologicznym ten sam organizm lub grupa organizmów funkcjonują w określonym **siedlisku** (np. lasu mieszanego). Siedlisko jest więc przestrzenią z

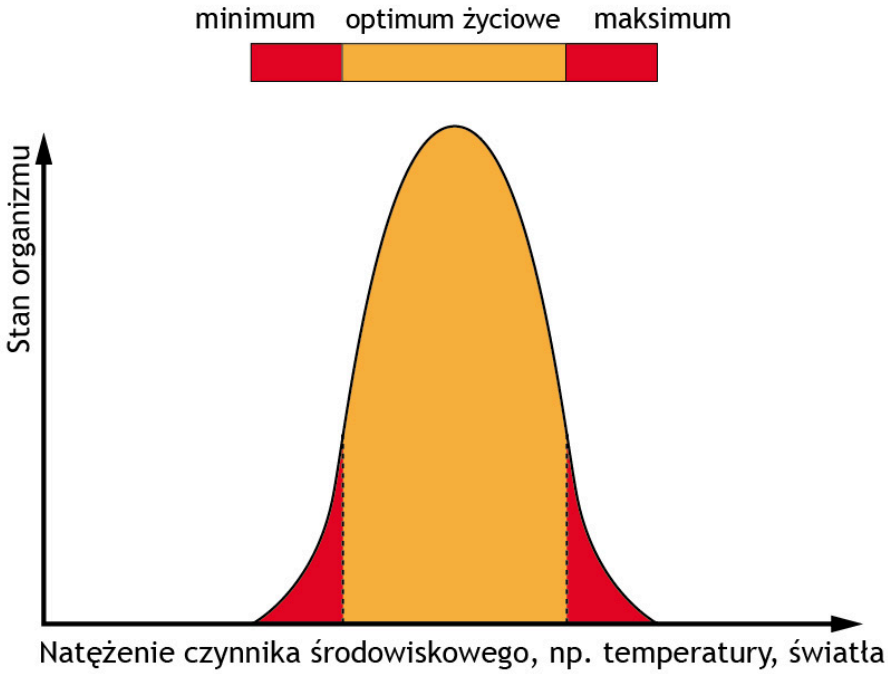
charakterystycznymi warunkami glebowymi, wodnymi i klimatycznymi. Siedliska, na przykład łąki i lasu iglastego, różnią się warunkami.

Pojęcie niszy ekologicznej ma inne znaczenie niż pojęcie siedliska. **Nisza ekologiczna** to ogół warunków środowiskowych, w których mogą żyć osobniki danego gatunku. Obejmuje nie tylko warunki siedliskowe, ale przede wszystkim wpływ innych organizmów na osobniki danego gatunku oraz wpływ tego gatunku na inne gatunki. Mówimy, że każdy gatunek zajmuje określoną niszę ekologiczną. Dwa gatunki nie zajmują tej samej niszy ekologicznej, co najwyżej mogą zajmować nisze podobne. Im bardziej zbliżone są nisze ekologiczne, tym większa jest konkurencja między gatunkami. Taka sytuacja występuje obecnie na przykład w wielu miejscach Afryki. Wciąż kurczące się tereny łowieckie i bardzo zbliżone wymagania życiowe powodują, że coraz częstsze są krwawe starcia dużych drapieżników (np. lwów z gepardami). Zwykle jednak gatunki zajmują na tyle różne nisze ekologiczne, że konkurencja między nimi jest niewielka (np. wśród nietoperzy, licznych ptaków leśnych).

Nisza ekologiczna
- ogół warunków (czynników) środowiskowych
  - czynniki abiotyczne, np. temperatura, wilgotność, ciśnienie, opady atmosferyczne, pokarm
  - czynniki biotyczne, czyli wpływ innych organizmów
- niejako określa funkcję danego gatunku w biocenozie (można ją porównać do wykonywania zawodu)

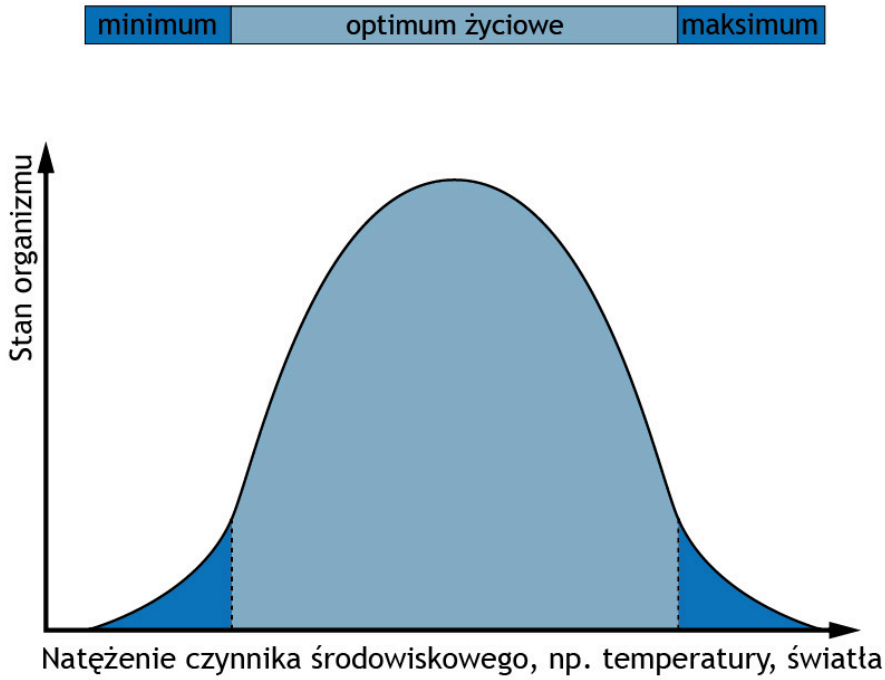
Zazwyczaj warunki środowiskowe ograniczają rozwój organizmów. **Czynnikiem ograniczającym** może być na przykład niedobór wody, zbyt duże zasolenie czy nadmiar światła słonecznego. Organizmy różnią się **tolerancją** na zmiany warunków środowiskowych, czyli skalą ekologiczną.

Można ją sobie wyobrazić jako przedział wartości czynnika środowiskowego, w którym dany organizm może żyć, na przykład koralowce występują wyłącznie w morzach pełnosłonych (mają wąską tolerancję na zmiany zasolenia).



Gatunek o wąskiej skali ekologicznej

Tolerancja ekologiczna ma zasadniczy wpływ na zasięg geograficzny, czyli cały obszar Ziemi, na którym występują osobniki danego gatunku. Gatunki o szerokiej tolerancji względem wielu czynników środowiskowych mają duże **zasięgi**, na przykład wróbel, wiechlina roczna czy mniszek pospolity. Mały zasięg gatunku oznacza, że prawdopodobnie ma on wąski zakres tolerancji ekologicznej.



Gatunek o szerokiej skali ekologicznej

Małe zasięgi mają **endemity**, czyli gatunki występujące tylko w jednym miejscu na Ziemi. Endemitami są na przykład **hatteria** (kilka wysepek w pobliżu Nowej Zelandii), **żółw słoniowy** i **legwan morski** (Wyspy Galapagos), **ptak kiwi** (Nowa Zelandia) oraz **miłorząb** (Chiny). W Polsce jest bardzo mało endemitów (nasz kraj leży w centrum kontynentu i nie jest izolowany barierami geograficznymi). Nielicznymi przykładami są gatunki roślin: mniszek pieniński, skalnica tatrzańska i urdzik karpacki. Część endemitów to gatunki reliktowe, czyli żywe skamieniałości.

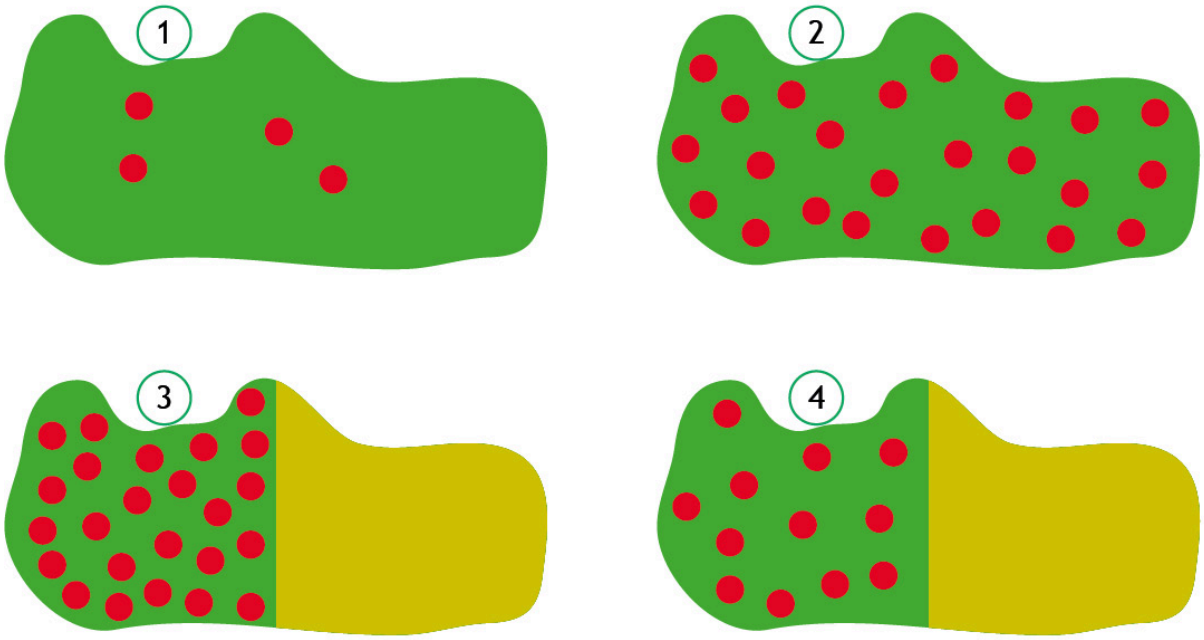
Diabeł tasmański – mały torbacz żyjący już tylko na Tasmanii (jest jednocześnie gatunkiem endemicznym i reliktowym)

1.3. Populacja i jej cechy

Populacja jest grupą osobników jednego gatunku, zasiedlających określony teren, mogących krzyżować się ze sobą. Przykładem może być europejska populacja lisów. Gatunek może tworzyć tylko jedna populacja (tak jest w przypadku niektórych endemitów), zwykle jednak populacji jest znacznie więcej (jak w przypadku lisów). Każda populacja ma swoje charakterystyczne cechy: liczebność, zagęszczenie, strukturę przestrzenną, strukturę wiekową oraz płciową. Wskazane cechy populacji nie są stałe, zmieniają się pod wpływem różnych czynników środowiskowych, zależą też od biologii gatunku (np. niektóre owady zimują tylko w postaci larwy).

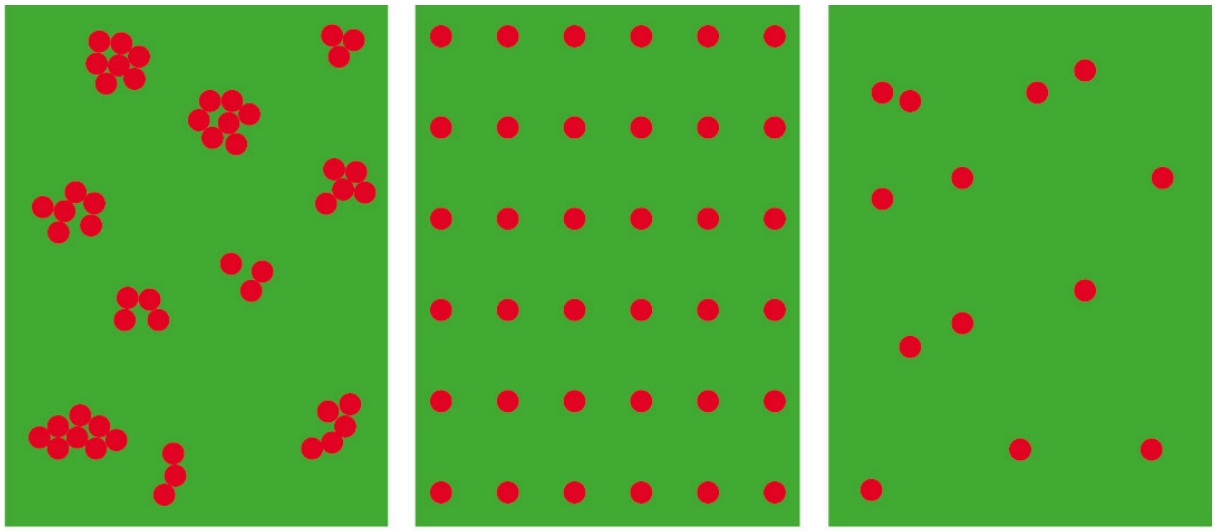
Liczebność to po prostu liczba osobników danej populacji. Zwykle policzenie wszystkich osobników populacji jest trudne i niewiele mówi, dlatego istotniejsze jest ustalenie **zagęszczenia** populacji – liczby osobników przypadającej na jednostkę powierzchni (lub objętości) środowiska. Na przykład dla rolnika mniej istotne jest, że lokalna populacja myszy polnej liczy 122 500 osobników. Ważniejsze, że zagęszczenie tej populacji znacznie przekracza 2000 osobników na 1 hektar powierzchni upraw. Liczebność i zagęszczenie zwiększają się lub zmniejszają pod

wpływem zmian siedliskowych, migracji, obecności drapieżników oraz chorób. Obserwuje się też okresowe wahania wynikające z wędrówek sezonowych (np. coroczne przeloty bocianów do Afryki).



Schemat przedstawia cztery populacje różniące się liczebnością i zagęszczeniem osobników (porównaj kolejno wszystkie przykłady ze sobą i określ różnice obu parametrów)

Struktura przestrzenna to sposób rozmieszczenia osobników populacji względem siebie. Wyróżniamy trzy podstawowe rodzaje rozmieszczenia: skupiskowe, równomierne i losowe.



Sposoby rozmieszczenia organizmów - schemat ogólny

W przyrodzie osobniki najczęściej żyją w grupach (skupieniach) wyraźnie oddzielonych od innych grup – to **rozmieszczenie skupiskowe**. Grupami są ławice ryb, stada antylop, rodziny lwów, społeczności mrówek czy kępy roślin. Ten rodzaj struktury przestrzennej wynika z niejednorodności środowiska, z właściwości gatunków oraz z korzyści, jakie daje życie w grupie (np. większe bezpieczeństwo, łatwiejsze polowanie). Oczywiście, życie w grupie ma też ujemne strony, między innymi znacznie zwiększa się konkurencja o pokarm, wodę czy światło. Są one jednak mniejsze niż osiągane korzyści.

Rozmieszczenie skupiskowe opieńki miodowej

Rozmieszczenie równomierne obserwujemy znacznie rzadziej. Osobniki żyją mniej więcej w jednakowej odległości od siebie. Ten rodzaj rozmieszczenia cechuje niektóre zwierzęta terytorialne, obserwujemy je także w sadach owocowych, na polach i w lasach gospodarczych. Równomiernie rozmieszczone są też gniazda w koloniach wielu gatunków ptaków morskich, na przykład towarzyskiego głuptaka.

Rozmieszczenie równomierne kapusty (pole uprawne jest biocenozą sztuczną!)

Stosunkowo nieliczne osobniki żyją w różnej, **losowej** (przypadkowej) odległości od siebie. Tak rozmieszczone są osobniki niektórych owadów na mało zróżnicowanej łące czy drobnych glonów w zbiorniku wodnym.

Na liczebność i zagęszczenie każdej populacji zasadniczy wpływ ma rozrodczość i śmiertelność. **Rozrodczość** to liczba osobników potomnych wydanych na świat w określonym czasie, na przykład w ciągu roku. Z kolei **śmiertelność** to liczba osobników umierających w tym samym czasie. Populacje gatunków różnią się rozrodczością i śmiertelnością, na przykład słonie cechuje niska rozrodczość i śmiertelność, natomiast myszy polne – bardzo wysoka.

liczebność = rozrodczość – śmiertelność

Słonie i myszy polne mają też skrajnie różne **krzywe przeżywalności**. Przeżywalność to prawdopodobieństwo, że osobnik danej populacji dożyje określonego wieku.

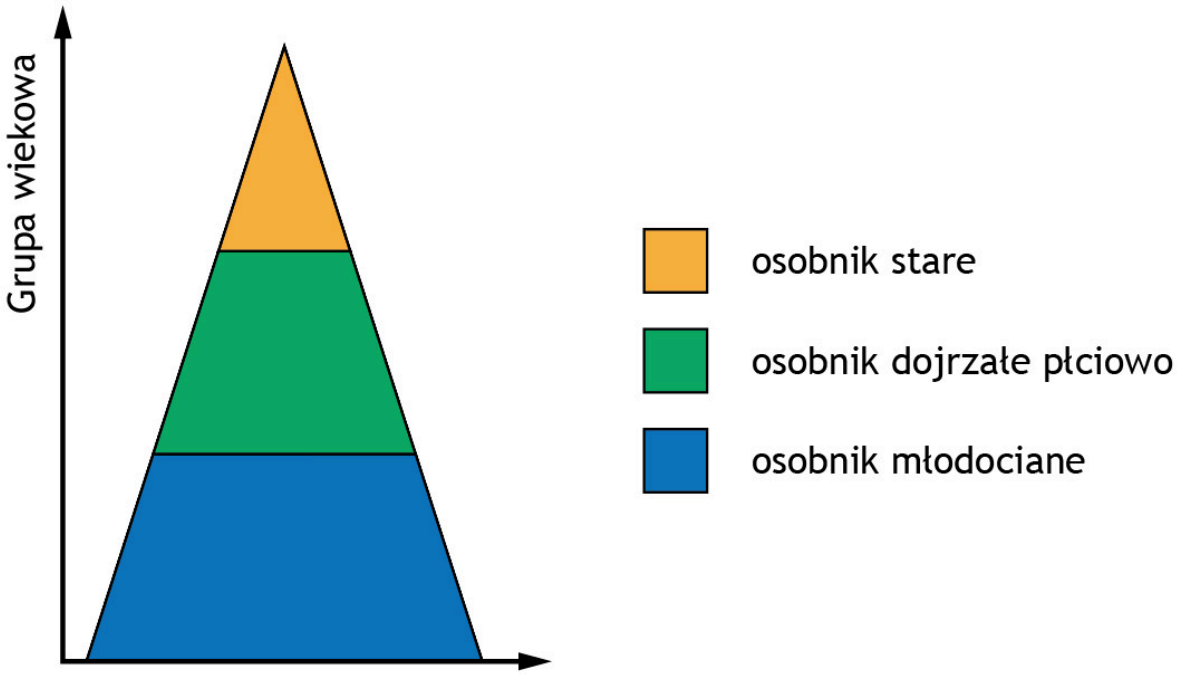
U słoni prawdopodobieństwo przeżycia młodych oraz dorosłych osobników jest duże (niska śmiertelność wynika m.in. z małej liczby potomstwa i dobrej opieki). Prawdopodobieństwo to maleje gwałtownie dopiero w starszym wieku (wówczas szybko wzrasta śmiertelność). Niewielkie zwierzęta, na przykład myszy, cechuje bardzo wysoka śmiertelność wśród młodych osobników (prawdopodobieństwo ich przeżycia jest małe, ponieważ opieka nad tak licznym potomstwem jest problematyczna). U dorosłych myszy śmiertelność wyraźnie maleje.

Różnica pomiędzy rozrodczością i śmiertelnością pokazuje tempo wzrostu lub spadku liczebności populacji. Kiedy rozrodczość jest większa od śmiertelności, liczebność populacji się zwiększa. Liczebność żadnej populacji nie może się zwiększać w nieskończoność.

Stan (kondycję) populacji dobrze oddaje jej **struktura wiekowa**, czyli udział osobników z różnych grup wiekowych. Pierwszą grupę tworzą osobniki młodociane, drugą – osobniki dojrzałe płciowo, mogące się rozmnażać, trzecią – osobniki, które nie są już zdolne do rozrodu. Proporcje tych grup obrazują, czy jest to populacja rozwijająca się, ustabilizowana czy wymierająca. Graficznym obrazem struktury wiekowej populacji są piramidy wieku. Struktura wiekowa populacji zależy oczywiście od gatunku, a czasem także od pory roku (u drobnych organizmów).

Populacja rozwijająca się ma najwięcej osobników młodocianych – jej piramida wieku ma szeroką podstawę. Sugeruje to, że populacja dopiero się rozwija, na przykład po zasiedleniu nowego terytorium.

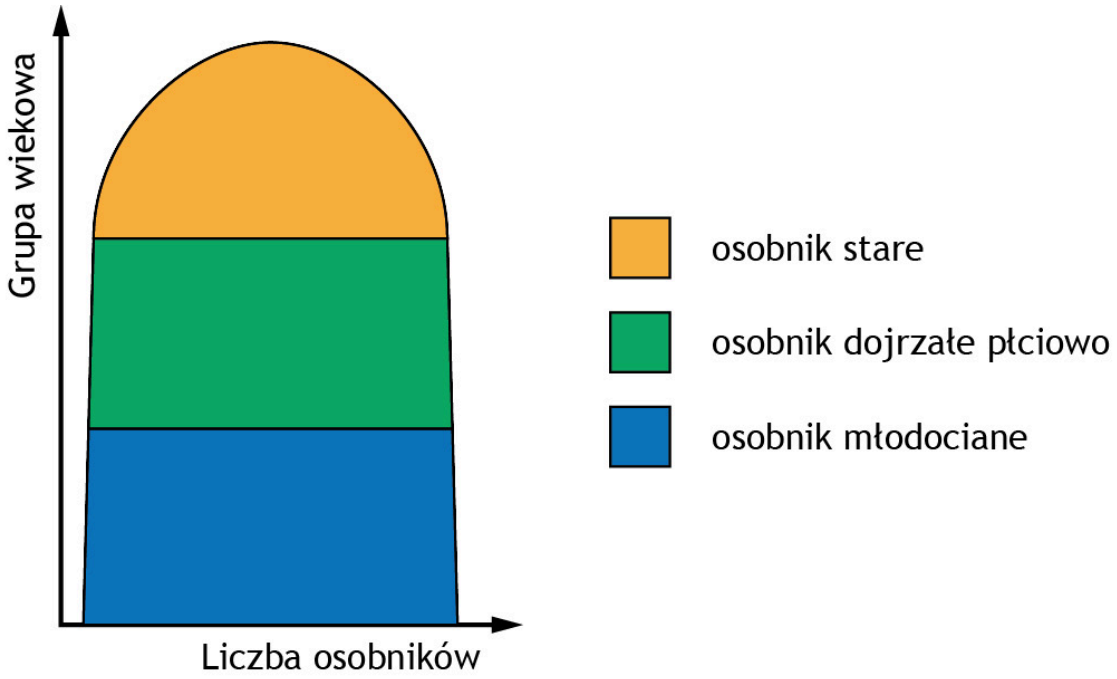
Perspektywy populacji rozwijającej się: dobre, prawdopodobnie liczebność populacji jeszcze wzrośnie.



Populacja rozwijająca się

W **populacji ustabilizowanej** najwięcej osobników jest w wieku rozrodczym oraz w wieku młodzieńczym. Jej piramida wieku ma kształt konturów pocisku. Sugeruje to, że populacja zasiedla swoje terytorium już od dłuższego czasu i jej liczebność niewiele się zmieni.

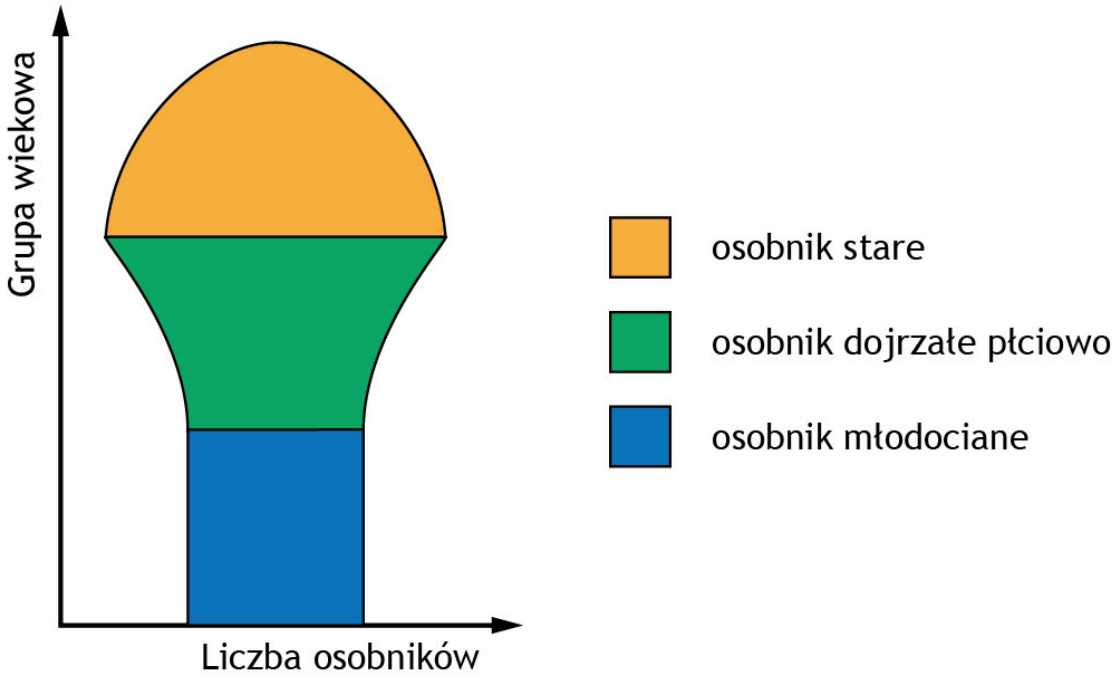
Perspektywy populacji ustabilizowanej: dobre, populacja osiągnęła maksymalną liczebność, ale jej trwanie jest niezagrożone.



Populacja ustabilizowana

Populacja wymierająca ma najwięcej osobników starych. Jej piramida wieku ma zwężoną podstawę (udział osobników młodocianych jest wyraźnie mniejszy niż osobników dorosłych). Sugeruje to, że populacja zmniejsza swoją liczebność i może zaniknąć. Taka sytuacja następuje po pogorszeniu się warunków życiowych, na przykład na skutek wyczerpywania się zasobów pokarmowych.

Perspektywy populacji wymierającej: złe, możliwe, że populacja całkowicie zaniknie.



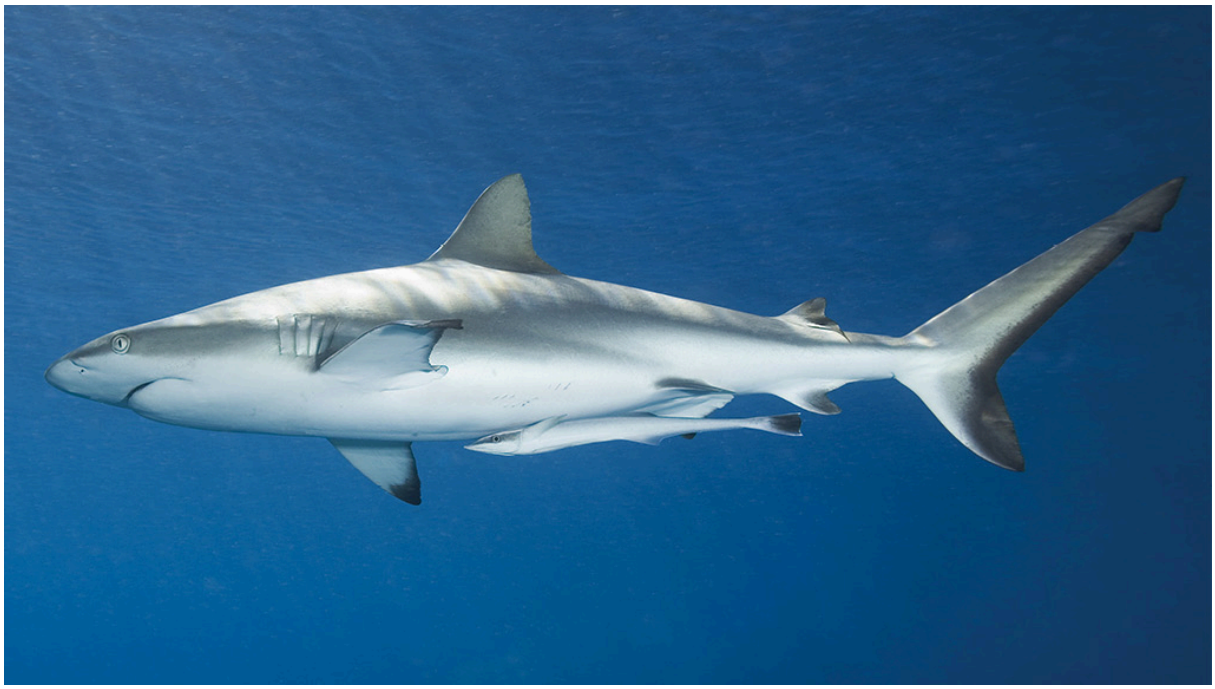
Populacja wymierająca

1.4. Oddziaływania między populacjami

Prawie zawsze na jednym obszarze żyje wiele populacji różnych gatunków. Areały i nisze ekologiczne tych populacji zachodzą na siebie. Można więc przyjąć, że takie populacje (gatunki) nawzajem na siebie oddziałują. **Wzajemne oddziaływania** mogą przynosić korzyści lub straty. W pierwszym przypadku mówimy o oddziaływaniach nieantagonistycznych (protekcjonistycznych, dodatnich), w drugim – o oddziaływaniach antagonistycznych (ujemnych). O **oddziaływaniach nieantagonistycznych** mówimy, gdy współżycie różnych organizmów przynosi korzyści przynajmniej jednemu partnerowi. Ten rodzaj oddziaływań obejmuje: komensalizm, protokooperację oraz mutualizm. Jeśli współżycie przynosi korzyści obu partnerom lub jest wręcz niezbędne do ich przeżycia, jest to **mutualizm**. Przykładem mutualizmu mogą być: termity i wiciowce zamieszkujące ich jelita oraz południowoamerykańskie mrówki ogrodniczki i „hodowane" przez nie grzyby. Mutualizmem jest też mikoryza. Współżycie przynoszące korzyści obu partnerom, które nie jest niezbędne do ich przeżycia, to **protokooperacja**. Przykładem protokooperacji są wielkie, wielogatunkowe stada ssaków kopytnych w Afryce, zależność łącząca bąkojady i bawoły czy współżycie raka pustelnika z ukwiałem.

Bąkojad wyjadający pasożyty ze skóry bawołu

Jeśli jeden organizm zyskuje, drugi zaś niczego nie traci, mamy do czynienia z **komensalizmem** (współbiesiadnictwem). Przykładem są podnawki „na gapę” wędrujące z rekinami.



Podnawka przyczepiona do rekina

Chociaż w przyrodzie nie brakuje oddziaływań dodatnich, to jednak znacznie częściej występują **oddziaływania antagonistyczne**: konkurencja, drapieżnictwo i pasożytnictwo. **Konkurencja** polega na ubieganiu się o ten sam pokarm, kryjówkę, wodę czy inny składnik środowiska. Zwykle osłabia to obie populacje. Jeśli nisze ekologiczne konkurujących ze sobą gatunków pokrywają się, dochodzi do wyparcia słabszego gatunku. Przykładem jest wyginięcie wilka workowatego.

Dzikie psy dingo (ich przodkowie zostali sprowadzeni do Australii przez człowieka) doprowadziły do wyginięcia wilka workowatego

Drapieżnictwo występuje wówczas, gdy jeden organizm (drapieżnik) zabija i zjada drugi (ofiarę). Drapieżnik zwykle kojarzy się z silnym, szybkim, wyposażonym w kły i pazury ssakiem. Jego ofiara to równie szybki i zwrotny, obdarzony znakomitym węchem oraz słuchem ssak trawożerny. W rzeczywistości przystosowań do drapieżnictwa i strategii polowania jest wiele, na przykład pająki sieciowe czekają cierpliwie na ofiarę i nie gonią jej. Strategie obronne ofiar także są różne, na przykład upodabnianie się do podłoża (patyczaki, kameleony, płastugi), wystawianie kolców (jeż, ryba najeżka) czy gruczoły jadowe w skórze niektórych płazów.

Gepard jest najszybszym lądowym drapieżnikiem

Pasożytnictwo polega na tym, że jeden organizm (pasożyt) odżywia się kosztem drugiego organizmu (żywiciela). Pasożyty dzielimy na zewnętrzne (pijawki, pchły, kleszcze) i wewnętrzne (tasiemce, glista). Pasożytami są też niektóre rośliny, na przykład łuskiewnik.

1.5. Podsumowanie

1. Ekolodzy badają następujące poziomy życia: populacje, biocenozy, ekosystemy i biomy.

2. Zakres tolerancji ekologicznej to przedział wartości czynników środowiska przyrodniczego, w którym mogą funkcjonować organizmy. Wartość czynnika, przy którym organizmy najefektywniej spełniają swoje funkcje życiowe, to optimum ekologiczne (życiowe).

3. Gatunki różnią się zasięgami geograficznymi. Gatunki o szerokiej skali ekologicznej zwykle mają duże zasięgi. Endemity występują tylko w jednym miejscu na Ziemi (np. miłorząb, żółw słoniowy). Gatunki reliktowe najczęściej mają skrajnie małe zasięgi.

4. Populacja jest podstawową jednostką ekologiczną obejmującą grupę osobników tego samego gatunku. Każda populacja charakteryzuje się specyficznymi cechami odróżniającymi ją od innych. Są to: struktura przestrzenna, stosunki ilościowe (liczebność i zagęszczenie), proporcje

wiekowe i płciowe, rozrodczość oraz śmiertelność.

5. Struktura przestrzenna populacji (rozmieszczenie i zagęszczenie) to sposób zajmowania przestrzeni przez osobniki danej populacji. Osobniki mogą być rozmieszczone losowo, skupiskowo lub równomiernie. Zagęszczenie osobników w populacji definiuje się jako liczbę osobników przypadających na jednostkę powierzchni lub objętości.

6. Na liczebność populacji istotny wpływ mają migracje osobników, rozrodczość i śmiertelność.

7. Wzajemne stosunki liczbowe osobników młodych, dorosłych i starych wyraża struktura wiekowa populacji.

8. Struktura płciowa populacji określa proporcje liczebności między osobnikami różnej płci (męskiej i żeńskiej).

9. Populacje różnych gatunków oddziałują na siebie w sposób korzystny (stosunki nieantagonistyczne) lub niekorzystny (stosunki antagonistyczne). Stosunkami nieantagonistycznymi są: mutualizm (ścisła symbioza), protokooperacja i komensalizm; antagonistycznymi – drapieżnictwo, pasożytnictwo i konkurencja międzygatunkowa.

2. Biocenozy i ekosystemy

2.1. Biocenozy

Wszystkie populacje zamieszkujące określony obszar są powiązane wzajemnymi zależnościami. Przykładem mogą być sikory i dzięcioły występujące w naszych lasach. Gatunki te nie konkurują ze sobą o pokarm i nie są drapieżnikami (nie polują na siebie nawzajem). Jednakże sikory zależą od dzięciołów – na gniazda wykorzystują porzucone przez nie dziuple. Liczne, skomplikowane zależności powodują, że populacje zamieszkujące określony obszar tworzą układ biologiczny, który nazywamy **biocenozą**.

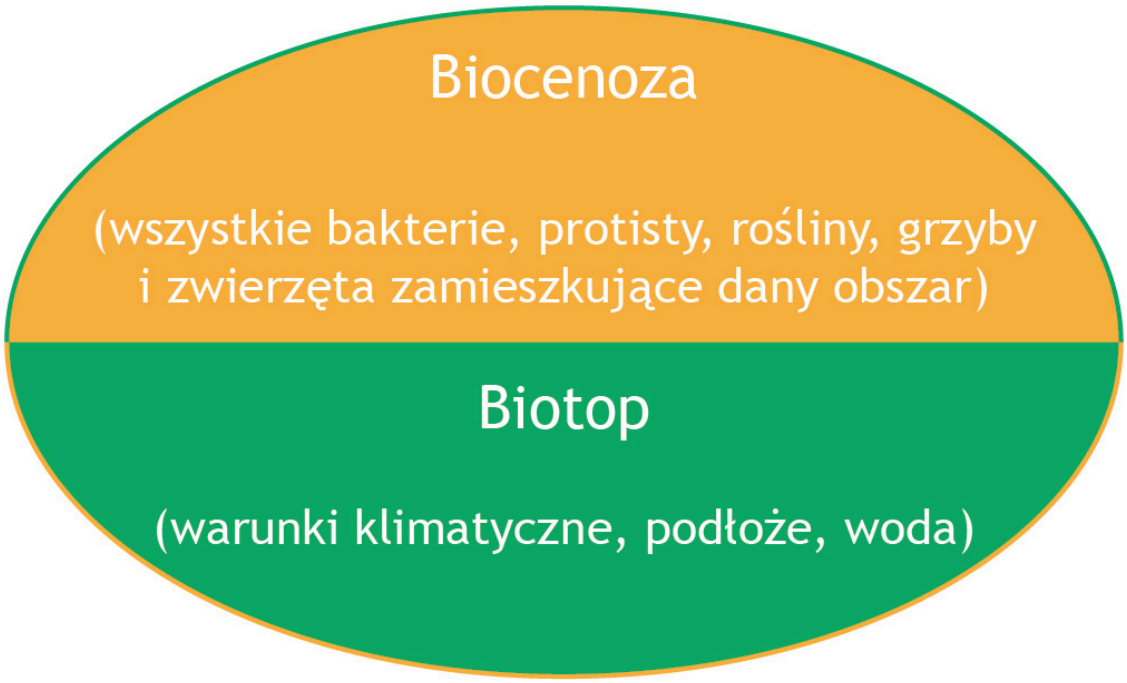
Biocenozę stanowią wszystkie populacje gatunków zamieszkujących na przykład las, łąkę, jezioro, morze, a nawet większe akwarium. Biocenozy różnią się wielkością i składem gatunkowym. Największą liczbą gatunków cechują się biocenozy obszarów ciepłych i wilgotnych oraz rafy koralowe. Najmniejszą zaś biocenozy pustyń, obszar biegunów polarnych i głębi oceanicznych. Liczba gatunków w danej biocenozie oznacza, że mamy w niej do czynienia z określoną różnorodnością gatunkową.

Populacje tworzące biocenozę żyją w określonym **biotopie** (środowisku nieożywionym). Jego składnikami są: klimat (wilgotność, temperatura), rodzaj i skład chemiczny podłoża (gleby) oraz energia słoneczna (światło).

Przykładowe biocenozy

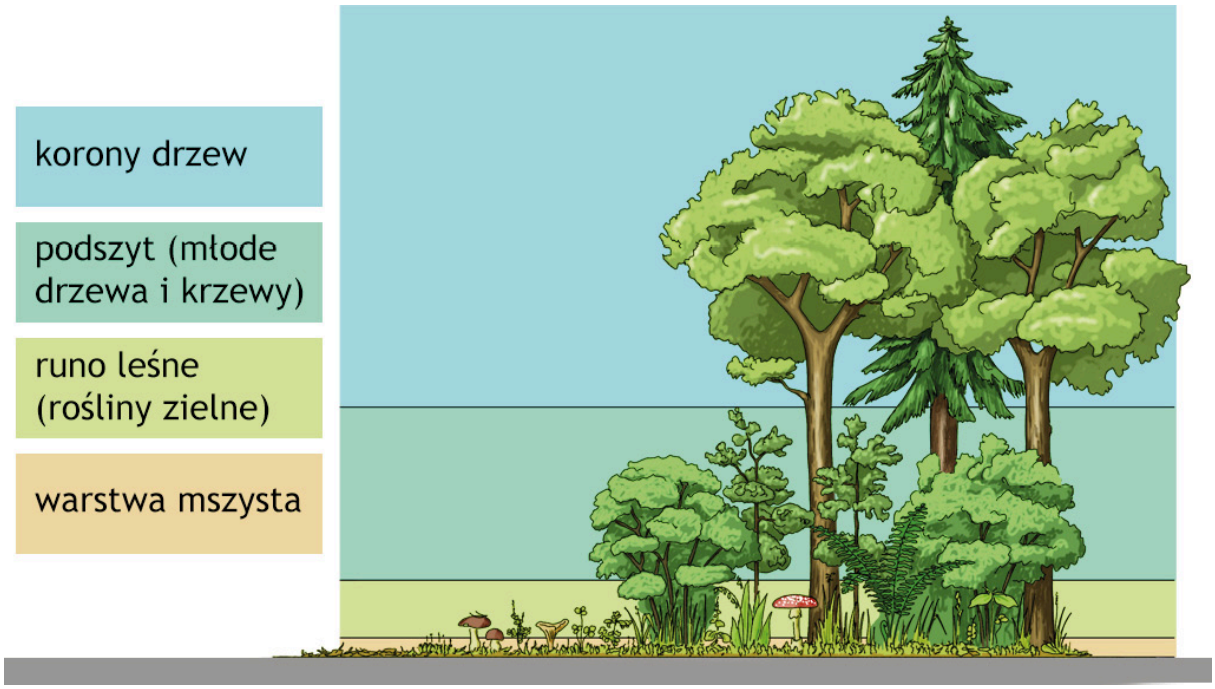
2.2. Ekosystemy

Biocenoza wraz ze swoim biotopem tworzy jednostkę ekologiczną – ekosystem. W każdym ekosystemie nieustannie przepływa energia i krąży materia.



Struktura ekosystemu (Ekosystem = biocenoza + biotop)

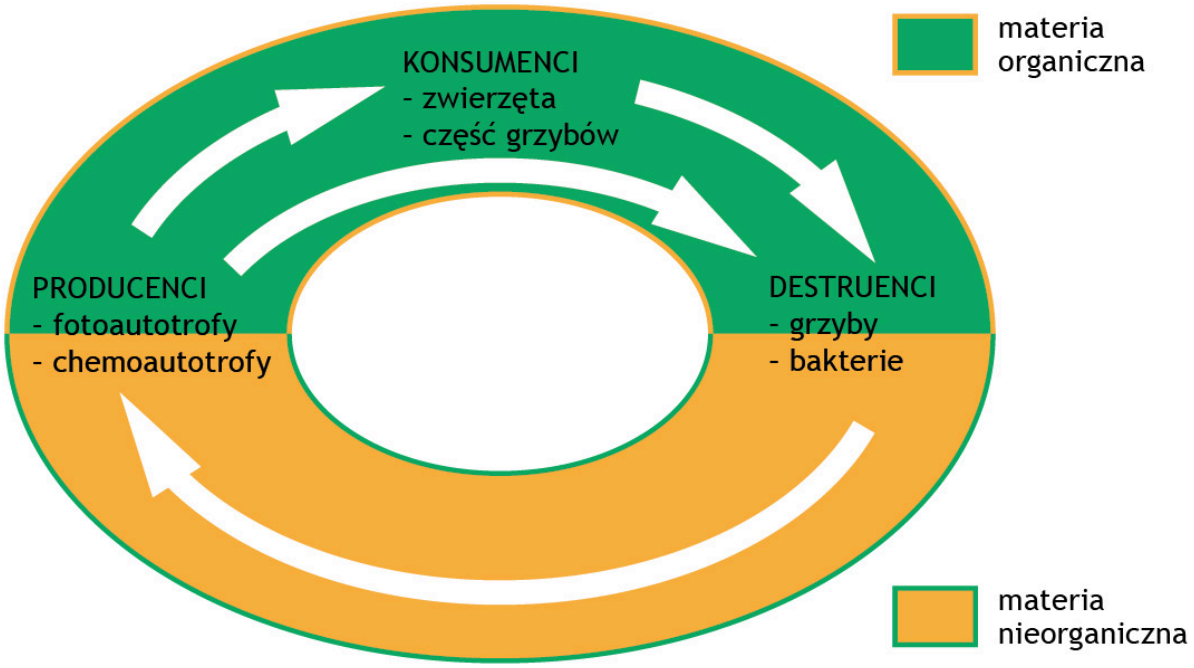
Ma on także określoną **strukturę przestrzenną** – charakterystyczne rozmieszczenie organizmów (np. piętra lasu).



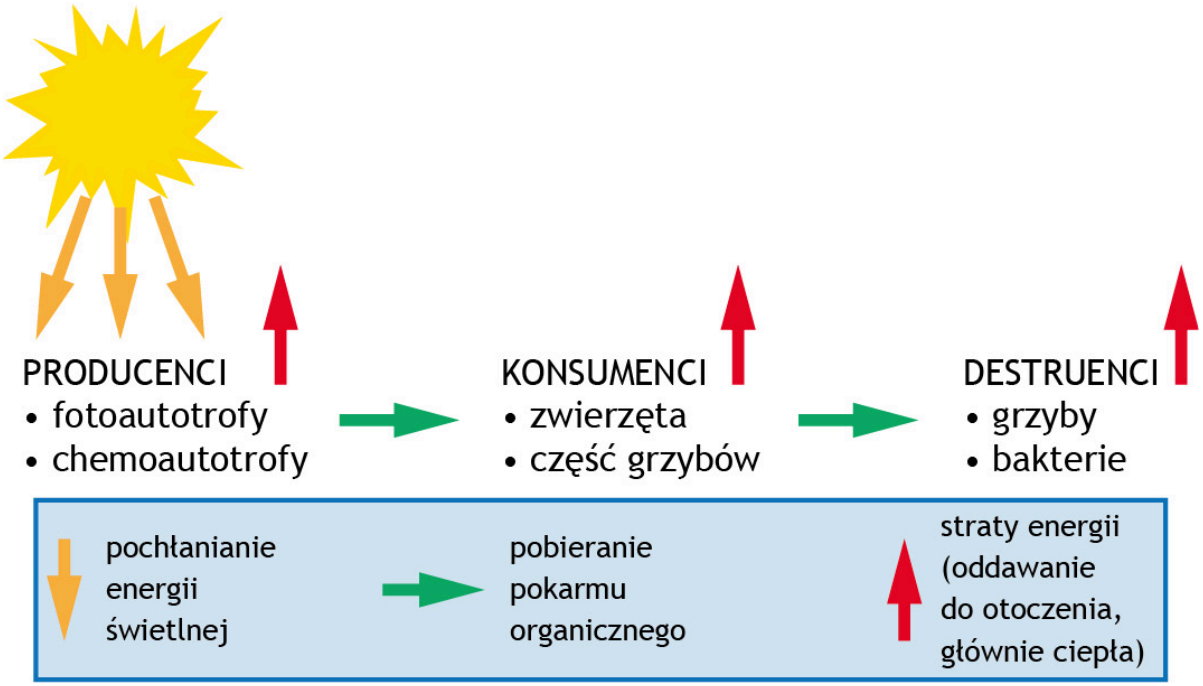
Struktura przestrzenna lasu, tzw. piętra lasu

W większości ekosystemów występują dwie grupy organizmów: producenci oraz konsumenci. **Producentami** są organizmy autotroficzne, głównie rośliny, glony i sinice. W procesie fotosyntezy wytwarzają związki organiczne z prostych związków nieorganicznych. Wytwarzana przez producentów materia organiczna jest wykorzystywana przez organizmy heterotroficzne, czyli przez **konsumentów** (zwierzęta, część grzybów i rośliny pasożytnicze).

Konsumentami są także destruenci – organizmy odżywiające się szczątkami martwych organizmów (większość grzybów i bakterii). Destruenci powodują, że martwa materia organiczna stopniowo ulega rozłożeniu na proste związki mineralne. Te są pobierane i wykorzystywane przez rośliny (odżywianie mineralne). Istnienie producentów i konsumentów z destruentami umożliwia krążenie materii w ekosystemach.



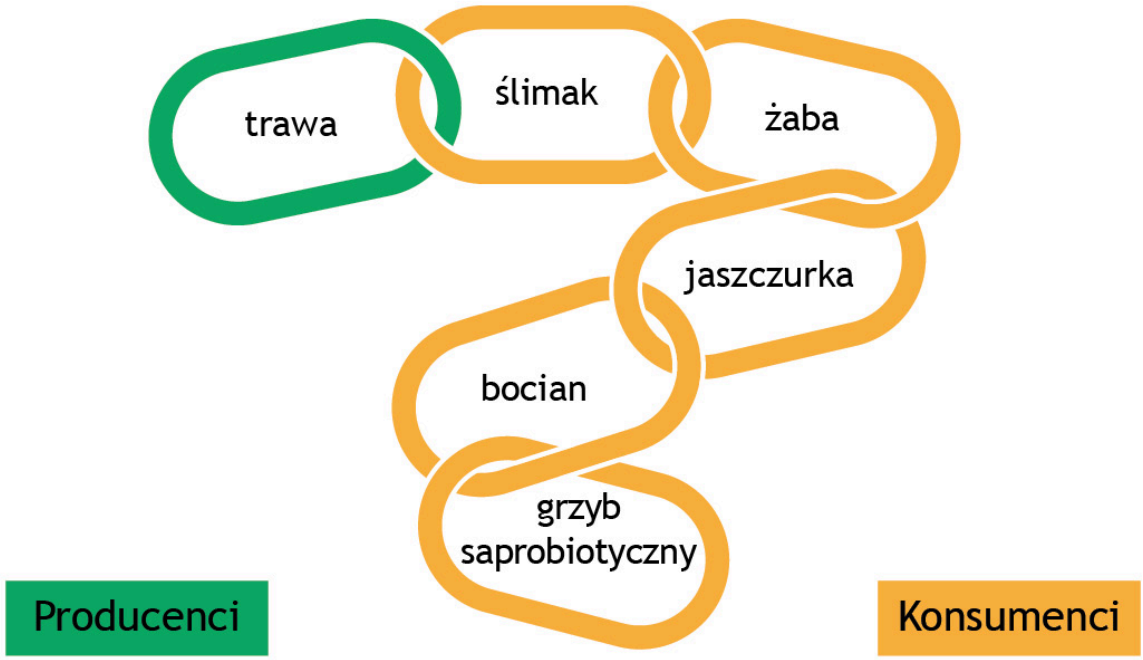
Obieg materii w ekosystemie jest zamknięty. Zupełnie inaczej jest z **energią** – ta przez ekosystem jedynie **przepływa**. Dzieje się tak, ponieważ każdy składnik biocenozy (każdy organizm) nieustannie traci energię na realizowanie własnych funkcji życiowych, poza tym konsumenci nie są w stanie wykorzystać całej energii zgromadzonej w wiązaniach chemicznych związków pokarmowych. Ekosystemy mogą funkcjonować tylko dzięki stałemu dopływowi energii słonecznej, którą pochłaniają producenci.



Przepływ energii w ekosystemie jest jednokierunkowy

2.3. Łańcuchy pokarmowe i piramidy ekologiczne

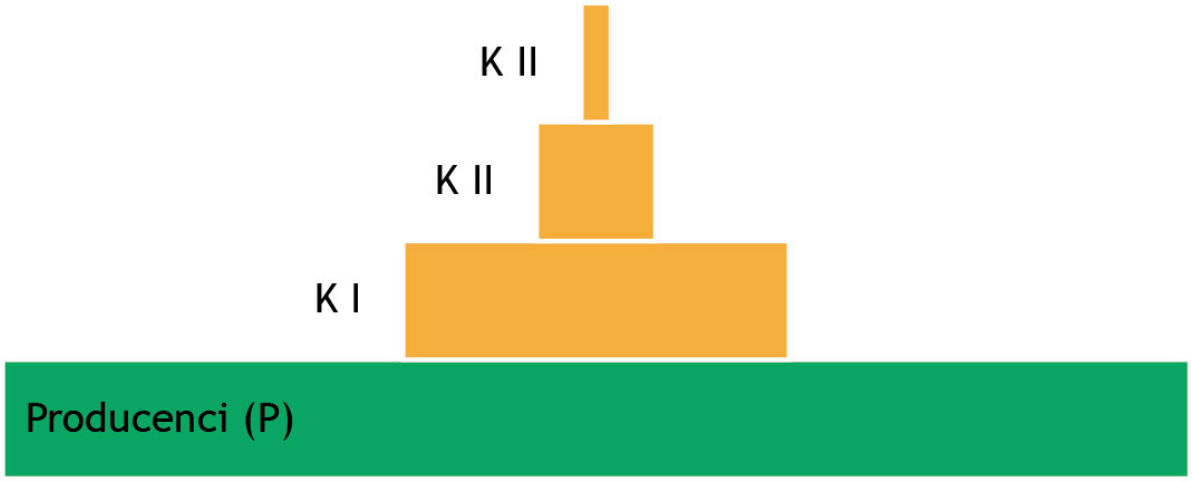
Śledząc istniejące w biocenozach zależności pokarmowe: „zjada – jest zjadany", zauważymy istnienie **łańcuchów pokarmowych**. Pierwszym ogniwem łańcucha pokarmowego jest roślina (producent), drugim ogniwem jest zwierzę roślinożerne (konsument I rzędu), trzecim – drapieżnik zjadający roślinożercę (konsument II rzędu), czwartym – konsument III rzędu albo destruent. Przykładem może być łańcuch: trawa-ślimak-żaba-zaskroniec-bocian.



Przykładowy łańcuch pokarmowy

Przywołany bocian jest dość wszechstronnym drapieżnikiem, zjada pasikoniki, chrząszcze, jaszczurki, węże, a nawet myszy, norniki i młode zające. Jest więc konsumentem różnych poziomów, różnych łańcuchów troficznych. W taki sposób funkcjonuje większość konsumentów (niektóre drapieżniki mogą być okresowo także konsumentami I rzędu, np. lis zjadający jagody i orzechy). W biocenozach rozgałęziające się i przeplatające łańcuchy pokarmowe tworzą skomplikowane **sieci pokarmowe** (sieci troficzne).

Liczba ogniw w pojedynczym łańcuchu pokarmowym jest różna, ale rzadko większa niż 5-8. Powodem jest **niska wydajność energetyczna** kolejnych poziomów troficznych. Wykazano, że każdy kolejny poziom troficzny jest w stanie przechwycić tylko około 1/10 energii z poprzedniego poziomu (wszyscy konsumenci I rzędu magazynują 10% energii zgromadzonej przez wszystkich producentów itd.).



K I, K II, K III - konsumenci kolejnego rzędu

Piramida ekologiczna pokazuje, jak szybko maleje ilość dostępnej energii. Tłumaczy też np. dlaczego w przyrodzie jest tak mało wielkich drapieżników

Uwaga: można łatwo obliczyć, że poziom troficzny konsumentów III rzędu „przechwytuje" zaledwie 0,1 % energii poziomu producentów!

2.4. Produktywność

Ekosystemy różnią się **produktywnością**, czyli ilością materii organicznej zgromadzonej w określonej jednostce czasu (w przeliczeniu na jednostkę powierzchni). Największą produktywność osiągają naturalne ekosystemy rejonów tropikalnych, na przykład wilgotne lasy równikowe, a to ze względu na dużą ilość światła, wysokie średnie temperatury i opady. W okolicach podbiegunowych produktywność ekosystemów jest najmniejsza, przykładem jest tundra.

Dość wysoką produktywnością cechują się także ekosystemy sztuczne (powstałe w wyniku działalności człowieka), na przykład stawy hodowlane, sady, lasy gospodarcze.

Rafa koralowa - ekosystem o wielkiej różnorodności gatunkowej i produktywności

Wyróżniamy produktywność pierwotną i wtórną. **Produktywność pierwotna** to intensywność gromadzenia materii organicznej przez producentów. Z kolei **produktywność wtórna** jest miarą intensywności gromadzenia materii organicznej przez konsumentów. Jako że konsumenci wykorzystują materię zgromadzoną przez producentów, produktywność wtórna zawsze jest mniejsza niż pierwotna.

Ciekawe!

Zimą biocenozy rejonów okołobiegunowych wyglądają jak jałowe pustynie, na których nie ma prawa przetrwać żadne zwierzę.

Renifery spitsbergeńskie

2.5. Sukcesja ekologiczna

Ekosystemy są trwałymi układami biologicznymi, ale i one ulegają powolnym zmianom – **sukcesji ekologicznej** (od łac. *successio* – następstwo, kolejność). Wyróżniamy dwa rodzaje sukcesji ekologicznej: pierwotną i wtórną. **Sukcesja pierwotna** zachodzi wówczas, gdy ekosystem powstaje i rozwija się w miejscu, gdzie przedtem nie było organizmów żywych, na przykład na zboczu nowo powstałej wyspy wulkanicznej czy na wydmie. **Sukcesja wtórna** postępuje, gdy ekosystem rozwija się w miejscu, gdzie wcześniej były już organizmy, na przykład na porębie, na pożarzysku czy na opuszczonym polu uprawnym. W Polsce warunki klimatyczne i glebowe powodują, że zwykle końcowym stadium sukcesji ekologicznej (klimaksowym) jest las liściasty lub mieszany.

Zarastanie zbiorników wodnych jest przykładem sukcesji ekologicznej (w tym przypadku jest to sukcesja wtórna, ponieważ zarasta zalane wodą niewielkie obniżenie gruntu)

2.6. Podsumowanie

1. Populacje organizmów powiązanych wzajemnymi zależnościami tworzą biocenozę.

2. Biocenoza wraz ze środowiskiem nieożywionym (biotopem) tworzy ekosystem.

3. W ekosystemach materia krąży, natomiast energia jedynie przepływa.

4. Biocenozy (a więc także ekosystemy) różnią się produktywnością.

5. Ekosystemy ulegają zmianom - sukcesji ekologicznej (pierwotnej albo wtórnej).

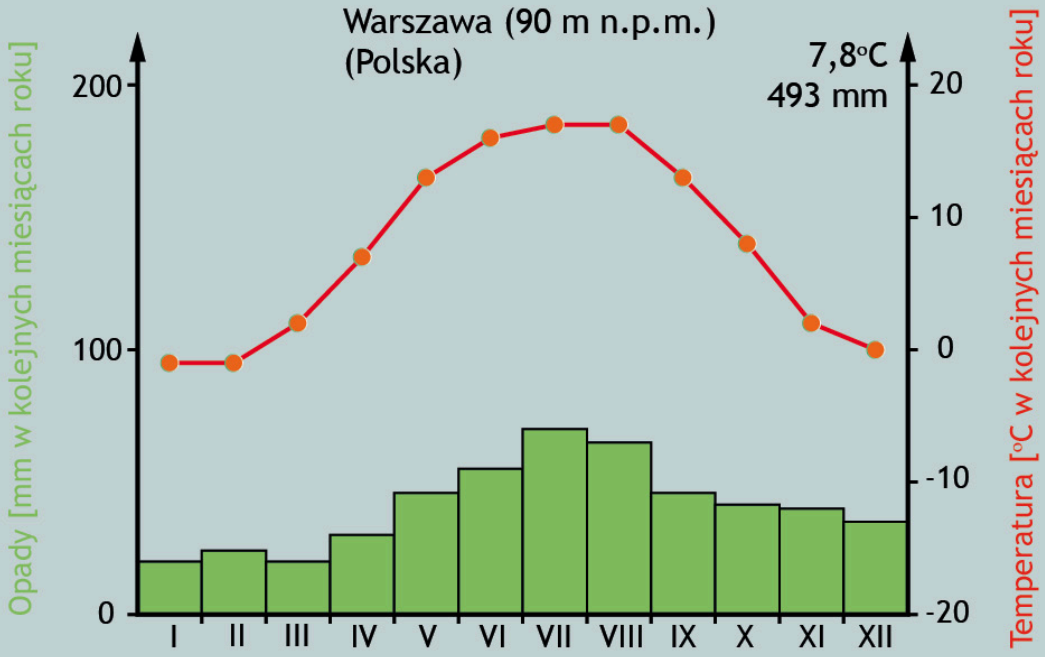
3. Biomy Ziemi

3.1. Biomy

O tym, jaki ekosystem rozwinie się w danym miejscu, decydują przede wszystkim czynniki klimatyczne (m.in. intensywność światła słonecznego, wilgotność, temperatura) oraz rodzaj podłoża (gleby).

Ciekawe

Dla przedstawienia podstawowych warunków klimatycznych danego miejsca na Ziemi stosuje się **diagramy klimatyczne** (klimatogramy). Są to wykresy prezentujące przebieg opadów i zmian temperatury w kolejnych miesiącach roku. Patrząc na konkretne klimatogramy, możemy ocenić, jakie warunki klimatyczne panują na danym obszarze, na przykład czy występuje na nim zima, pora sucha i czy jest dostatecznie dużo opadów niezbędnych do wegetacji określonych roślin.

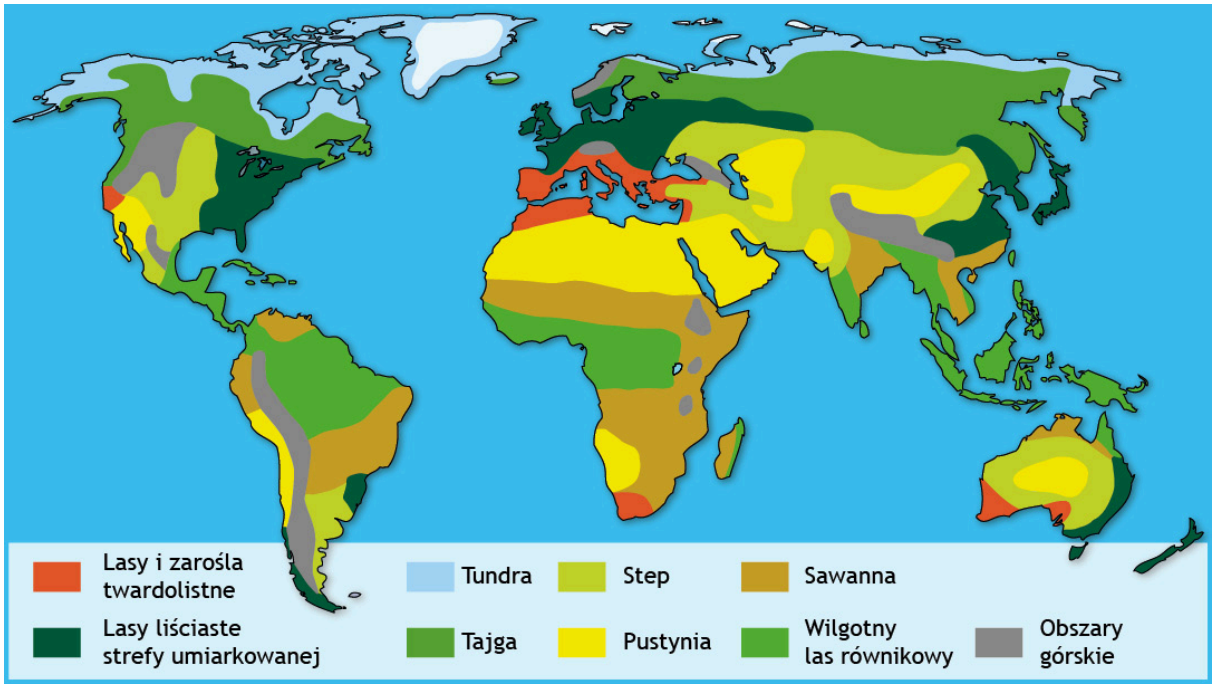


Przykładowy diagram klimatyczny

Na Ziemi, w zbliżonych warunkach klimatycznych i glebowych, podobne ekosystemy tworzą **biomy** – wielkie lądowe jednostki biogeograficzne. Każdy biom ma swój charakterystyczny typ roślinności i określony świat zwierzęcy. Granice między biomami zwykle nie są wyraźne, na przykład między tundrą a tajgą występuje strefa przejściowa lasotundry.

Ekosystemy, a więc także biomy, wykształciły różne rodzaje gleb, między innymi laterytowe (w strefie wilgotnych lasów równikowych), brunatne (w strefie umiarkowanej) i glejowe (w tundrze). Najważniejszymi biomami są: **lasy równikowe**, **sawanny**, **pustynie**, **stepy**, **roślinność**

śródziemnomorska, **lasy liściaste strefy umiarkowanej**, **tajga** i **tundra**.



Mapa podstawowych biomów Ziemi

Uwaga: charakterystyki wszystkich najważniejszych biomów znajdziesz na naszej stronie internetowej.

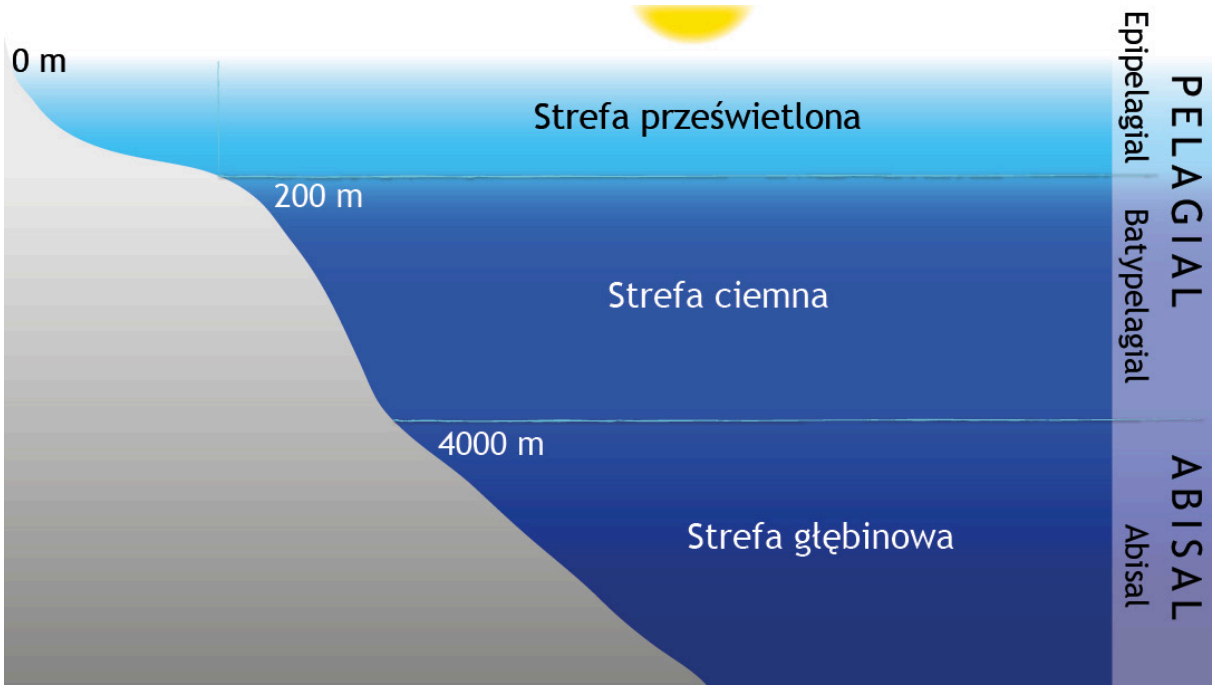
3.2. Jednostki azonalne

Na Ziemi istnieją też **jednostki azonalne** - niezwiązane bezpośrednio ze strefami klimatycznymi, na przykład obszarów górskich, mórz i oceanów. Skład biocenoz obszarów górskich zależny jest przede wszystkim od wysokości nad poziomem morza (wraz z wysokością maleje temperatura). W górach roślinność tworzy tak zwane **piętra**. W Tatrach są to: pogórze, regiel dolny, regiel górny, piętro kosodrzewiny, hale oraz turnie. **Pogórze** zostało zajęte pod uprawy. **Regiel dolny** porastają lasy mieszane i liściaste. W **reglu górnym** występują lasy świerkowe. Powyżej rośnie **kosodrzewina**. Najwyższe piętra stanowią **hale** (łąki górskie) oraz **turnie** (występują tam tylko mchy, porosty oraz nieliczne rośliny kwiatowe).

Piętra roślinności w górach na przykładzie Tatr

3.3. Strefy życia w zbiornikach wodnych

Strefy występowania organizmów w morzach i oceanach to pelagial, abisal i bental. **Pelagial** stanowią wody otwarte. Wyróżniamy w nim epipelagial oraz batypelagial. Epipelagial to górna prześwietlona warstwa wód pelagialu. Glony planktonowe żyjące w epipelagialu przeprowadzają fotosyntezę, co umożliwia funkcjonowanie licznych konsumentów. Położony poniżej batypelagial nie jest prześwietlony, a zatem życie w nim całkowicie zależy od produkcji materii organicznej w epipelagialu. **Abisal** to wody głębinowe mórz i oceanów. Żyją tam stosunkowo nieliczne organizmy heterotroficzne. **Bental** to strefa dna zbiorników wodnych. W zależności od głębokości zasiedlana jest przez bardzo różne organizmy.



Strefy życia w morzach i oceanach

3.4. Podsumowanie

1. Największymi lądowymi jednostkami biogeograficznymi są biomy. Każdy biom ma swój charakterystyczny typ roślinności i określony świat zwierzęcy.

2. Przykładem jednostek azonalnych są piętra roślinności w górach.

4. Panel kontrolny Rozdziału XX

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XX (na www.terazwiedza.pl).

4.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Populacje i oddziaływania między nimi

1. Wymień poziomy organizacji materii ożywionej i zdefiniuj każdy z nich.

2. Wyjaśnij znaczenie pojęć: nisza ekologiczna, zakres tolerancji ekologicznej.

3. Wymień i scharakteryzuj cechy populacji.

4. Narysuj wykresy ilustrujące różne typy krzywych przeżywalności oraz piramidy struktury wiekowej populacji: rozwijającej się, ustabilizowanej i wymierającej.

5. Scharakteryzuj rodzaje oddziaływań nieantagonistycznych między populacjami różnych gatunków.

6. Wyjaśnij, czym różnią się: drapieżnictwo od pasożytnictwa, konkurencja wewnątrzgatunkowa od międzygatunkowej.

Polecenia do lekcji 2. Biocenozy i ekosystemy

1. Wymień kilka przykładów ekosystemów wodnych i lądowych oraz charakterystycznych dla nich populacji producentów i konsumentów.

2. Opracuj ogólny schemat ilustrujący przepływ energii i krążenia materii w ekosystemach.

3. Wyjaśnij, na czym polega sukcesja ekologiczna oraz porównaj przebieg sukcesji pierwotnej i wtórnej.

4. Omów kolejno krążenie w przyrodzie: węgla, azotu i wody.

Polecenia do lekcji 3. Biomy

1. Wymień i scharakteryzuj podstawowe biomy kuli ziemskiej.

2. Wyjaśnij, jaki jest wpływ klimatu na kształtowanie się biomów.

4.2. Ważne pojęcia

• ekologia • siedlisko • nisza ekologiczna • skala ekologiczna (zakres

tolerancji ekologicznej) • zasięg geograficzny • relikty • endemity • populacja biologiczna: liczebność populacji, zagęszczenie, struktura przestrzenna – rozmieszczenie osobników (równomierne, losowe, skupiskowe), rozrodczość, śmiertelność • krzywe przeżywalności • struktura wiekowa • piramidy wieku • oddziaływania nieantagonistyczne (protekcjonistyczne): mutualizm, protokooperacja, komensalizm • oddziaływania antagonistyczne: konkurencja międzygatunkowa, drapieżnictwo, pasożytnictwo

• biocenoza • biotop • ekosystem • struktura troficzna ekosystemu • producenci • konsumenci • reducenci • łańcuch pokarmowy • sieć pokarmowa • przepływ energii • krążenie materii • produktywność ekosystemów • sukcesja ekologiczna: pierwotna i wtórna • klimaks • krążenie pierwiastków

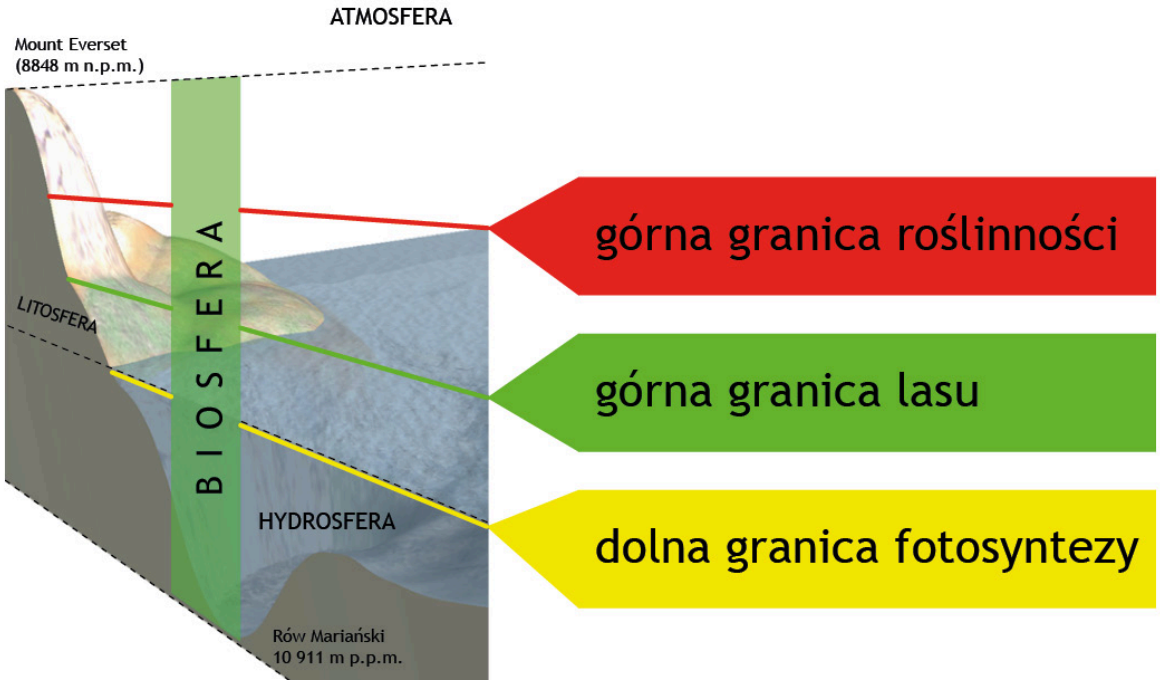
• klimatogram • biomy: lasy równikowe, sawanny, pustynie, stepy, roślinność śródziemnomorska, lasy liściaste strefy umiarkowanej, tajga, tundra

XXI. Człowiek i środowisko

1. Wpływ człowieka na środowisko

1.1. Stan biosfery

Biosfera to przestrzeń ziemska zajmowana przez organizmy żywe. Ma ona grubość zaledwie około 20 km (licząc od górnej granicy troposfery do największych głębi hydrosfery). Znacząca większość organizmów występuje na powierzchni litosfery, w wierzchniej warstwie hydrosfery i w dolnych warstwach atmosfery.



Biosfera sięga od głębi oceanicznych po szczyty najwyższych gór

Działania człowieka doprowadziły do wielu niekorzystnych zmian w biosferze. **Zanieczyszczenia antropogeniczne** i szybkie **wymieranie** licznych gatunków (ubożenie biosfery) należą do największych problemów cywilizacyjnych.

Współczesny człowiek korzysta z zasobów przyrody w sposób rabunkowy, przez co w całej biosferze doszło do zachwiania lub wręcz zburzenia równowagi ekologicznej. Dotyczy to łowiectwa, rybołówstwa, rolnictwa, przemysłu wydobywczego i przetwórczego, energetyki, transportu, gospodarki komunalnej oraz turystyki.

1.2. Wpływ łowiectwa i rybołówstwa

Pokarm zwierzęcy jest dobrym źródłem łatwo przyswajalnych białek (w przypadku ryb i owoców morza także wartościowych tłuszczów). Między innymi dlatego człowiek od tysięcy lat poluje i łowi. **Polowania** doprowadziły do wyginięcia licznych gatunków, na przykład tura w Europie, gołębia wędrownego w Ameryce oraz wielu drapieżnych ssaków. Brak dużych drapieżników powoduje, że rozrastające się populacje ssaków roślinożernych w wielu miejscach niszczą całą roślinność. Problemy wynikają także z rozwoju morskich technik połowowych, między innymi używanie trawlerów-przetwórni i ogromnych sieci – włoków morskich doprowadziło do przełowienia większości łowisk (populacje ryb są zbyt małe, aby się odnawiać).

Na szczęście obecnie większość mięsa pozyskuje się z hodowli bydła i trzody chlewnej. W rybołówstwie morskim wprowadzono limity połowowe (określają, ile ton ryb można złowić) i okresy ochronne (najczęściej zabraniają połowów podczas tarła).

Pełnomorski statek rybacki

Przykłady masowych polowań i połowów:

A. dla pokarmu bogatego w białka i cenny tłuszcz (ryby)

- bizony w XIX w. i wieloryby

- tuńczyki, dorsze, łososie, makrele, śledzie
- tzw. owoce morza (krewetki, homary, langusty, ostrygi i kałamarnice)

B. dla skór, futer i innych surowców

- wielkie koty drapieżne (do połowy XX w.)
- słonie (ciosy) i nosorożce (róg)
- piżmowce (piżmo)
- kaszaloty (ambra)

C. dla przyjemności (trofea łowieckie)

Ważne!

Obecnie sądzimy, że to człowiek przyczynił się do wyginięcia dużych ssaków ery lodowcowej, między innymi niedźwiedzi jaskiniowych, mamutów, nosorożców włochatych. Nasz gatunek ma też „na sumieniu" wytępienie tarpana, a nawet sympatycznego **dronta dodo**. Dodo występował tylko na Wyspie Mauritius (był dużym naziemnym krewnym gołębia). Kiedy w XVII w. pojawił się tam człowiek, szybko wytępił całą populację tego mało ruchliwego ptaka. Na dodo polowali marynarze i ich zdziczałe psy.

1.3. Wpływ rolnictwa

Człowiek wykorzystuje rolniczo tysiące gatunków roślin i zwierząt. Są one źródłem pożywienia i licznych surowców, na przykład włókna bawełny

i lnu od setek lat służą do wyrobu tkanin ubraniowych, z kolei z runa owiec, wielbłądów i lam wytwarzana jest wełna.

Rolnictwo jest jedną z najważniejszych gałęzi gospodarki. Problemem jest to, że często negatywnie oddziałuje na środowisko naturalne. Stosowane w rolnictwie środki chwastobójcze – **herbicydy** i owadobójcze – **insektycydy** niszczą nie tylko chwasty i szkodniki, ale często też na przykład owady zapylające kwiaty. Ponadto substancje te mogą się kumulować w wyższych poziomach troficznych (w organizmach zwierząt drapieżnych).

Mimo że środki ochrony roślin są szkodliwe, ich stosowanie w rolnictwie jest konieczne

Zwiększanie plonów w rolnictwie wiąże się ze stosowaniem wielkich ilości nawozów sztucznych (głównie azotowych i fosforowych). **Nadmiar nawozów** zanieczyszcza wody gruntowe oraz strumienie, rzeki i jeziora. Taki sam efekt powodują ścieki z farm hodowlanych. W wielu przypadkach melioracja, czyli regulowanie stosunków wodnych, powoduje zbyt silne osuszanie podłoża (np. na wilgotnych łąkach). Na dużych obszarach Ziemi nadmierny wypas doprowadził do zniszczenia zbiorowisk leśnych.

Obecnie w rolnictwie stosuje się środki ochronne nowej generacji, staranniej przeprowadza się nawożenie, analizuje skutki melioracji, zmniejsza się także zużycie wody.

Ten sposób uprawy zmniejsza zużycie wody w rolnictwie

Negatywne oddziaływania rolnictwa na środowisko:

- wycinanie lasów pod pola uprawne,
- stosowanie zbyt dużych ilości nawozów mineralnych,
- stosowanie środków ochrony roślin (herbicydów i insektycydów),
- intensywne melioracje,
- nadmierny wypas bydła i kóz,
- zużywanie ogromnych ilości wody słodkiej,
- ścieki i odpady z farm hodowlanych.

1.4. Wpływ przemysłu

Przemysł wydobywczy dostarcza surowce kopalne: węgiel kamienny i brunatny, ropę naftową, gaz ziemny oraz rudy metali. Zasoby surowców kopalnych są nieodnawialne (kiedyś się skończą) i dlatego powinniśmy gospodarować nimi bardzo rozsądnie. Mimo to od wielu lat wydobycie surowców kopalnych stale rośnie. Kopalnie, szczególnie odkrywkowe, całkowicie niszczą krajobraz. Co gorsza, podczas wydobywania surowców kopalnych, powstaje ogromna ilość odpadów (m.in. wielkie **hałdy** skały

płonej w pobliżu kopalni węgla i rud metali). Wzbogacanie rud metali wymaga przepłukiwania urobku za pomocą specjalnej piany (**flotacja**). Po przepłukaniu pozostają wielkie ilości szlamu zawierającego metale ciężkie, na przykład ołów, rtęć i kadm (w przyrodzie są one silnymi truciznami!). Kopalnie odkrywkowe i głębinowe niszczą okoliczne warstwy wodonośne. **Zatruwają** także wody rzek chlorkiem sodu (solą) i solami metali ciężkich.

Odkrywkowa kopalnia miedzi w USA

Górnictwo naftowe, szczególnie platformy wiertnicze i tankowce, stanowią wielkie zagrożenie dla wszystkich biocenoz morskich, a także niektórych lądowych.

Postęp technologiczny pozwala w pewnym stopniu ograniczać szkodliwe skutki działania przemysłu, między innymi przez stosowanie **technologii bezodpadowych** i **rekultywacji terenów poprzemysłowych** (np. na Śląsku hałdy górnicze zalesia się gatunkami odpornymi na zanieczyszczenia).

Platformy wiertnicze u wybrzeża Ameryki Północnej

Negatywne oddziaływania przemysłu wydobywczego:

- niszczenie krajobrazów naturalnych,
- zatruwanie wód powierzchniowych i podziemnych przez odpady z kopalń,
- tworzenie hałd odpadów przemysłowych,
- wycieki ropy naftowej,
- obniżanie poziomu wód gruntowych.

Energetyka jest gałęzią przemysłu dostarczającą energię elektryczną i cieplną. W tym celu tak zwana energetyka konwencjonalna spala paliwa kopalne, a do atmosfery uwalniane są ogromne ilości dwutlenku węgla, dwutlenku siarki, a także sadzy i pyłów. Obecnie podejmowane są działania na rzecz ograniczenia tego zjawiska, na przykład określono limity emisji dwutlenku węgla i podniesiono wymagania względem instalacji odsiarczania spalin. Zwrócono też uwagę na **odnawialne źródła energii**: siłę spadku wody (a także pływów morskich), energię słoneczną, energię wiatru oraz tak zwany biogaz. Nowe technologie są jednak bardzo kosztowne i wciąż nieobojętne dla środowiska naturalnego (np. obracające

się ramiona turbin wiatrowych stanowią zagrożenie dla przelatujących ptaków).

Konwencjonalna elektrownia węglowa w Czechach

Negatywne oddziaływania energetyki:

- emitowanie dużych ilości dwutlenku węgla przez elektrownie węglowe,
- emitowanie znacznych ilości sadzy przez elektrownie węglowe,
- tworzenie odpadów przemysłowych,
- zaburzanie stosunków wodnych przez duże elektrownie wodne (zapory elektrowni),
- możliwe awarie w elektrowniach atomowych.

1.5. Wpływ urbanizacji

Na całej Ziemi nasila się **urbanizacja** (rozwój miast). Powstają wielkie miasta – obszary betonowych i asfaltowych pustyń pozbawionych zieleni. W takich miejscach żyje coraz więcej ludzi. Wielkim problemem jest dostarczenie im żywności, wody pitnej oraz **usuwanie śmieci** i **ścieków komunalnych**.

Wysypisko śmieci komunalnych

Negatywne skutki urbanizacji:

- zajmowanie ekosystemów naturalnych i pól uprawnych pod budownictwo,
- niekorzystne zmiany mikroklimatu,
- tworzenie biocenoz bardzo ubogich w gatunki,
- tworzenie dużych ilości ścieków komunalnych,
- tworzenie dużych ilości śmieci,
- smog.

Źródłem zanieczyszczeń środowiska jest też **transport** lądowy, morski i lotniczy. Co prawda dzisiaj wykorzystuje się benzyny bezołowiowe, a w samochodach obowiązkowo instalowane są katalizatory spalin, jednak nie rozwiązuje to problemu.

1.6. Podsumowanie

1. Do największych problemów współczesnego świata należą: wymieranie gatunków, zanieczyszczenie środowiska (tzw. antropogeniczne) oraz rabunkowa eksploatacja zasobów przyrodniczych prowadząca bezpośrednio

do zachwiania równowagi ekologicznej.

2. Intensywne połowy zwierząt morskich (z użyciem statków przetwórni i ogromnych sieci) doprowadziły do zmniejszenia liczebności wielu populacji ryb i ssaków morskich. W celu ochrony przetrzebionych gatunków stosuje się limity połowowe i okresy ochronne.

3. Wymieranie gatunków związane jest również z niszczeniem ich siedlisk naturalnych (np. w wyniku wycinania lasów, budowy zakładów przemysłowych), zanieczyszczeniami przemysłowymi i rolniczymi. Najwięcej szkód dla środowiska niosą: transport, urbanizacja, przemysł wydobywczy i energetyka.

4. Także rolnictwo ma negatywny wpływ na środowisko. Środki chemiczne stosowane w celu ochrony roślin uprawnych (np. chwastobójcze – herbicydy, owadobójcze – insektycydy) kumulują się w organizmach zwierząt i człowieka, wywołując różne choroby. Nadmierne wykorzystanie nawozów sztucznych, ścieki z farm hodowlanych powodują zanieczyszczenie wód (np. niebezpiecznymi dla zdrowia azotanami) i przenawożenie (eutrofizację) zbiorników wodnych. Melioracje prowadzą do osuszenia podłoża i zamierania naturalnych zbiorowisk bagiennych.

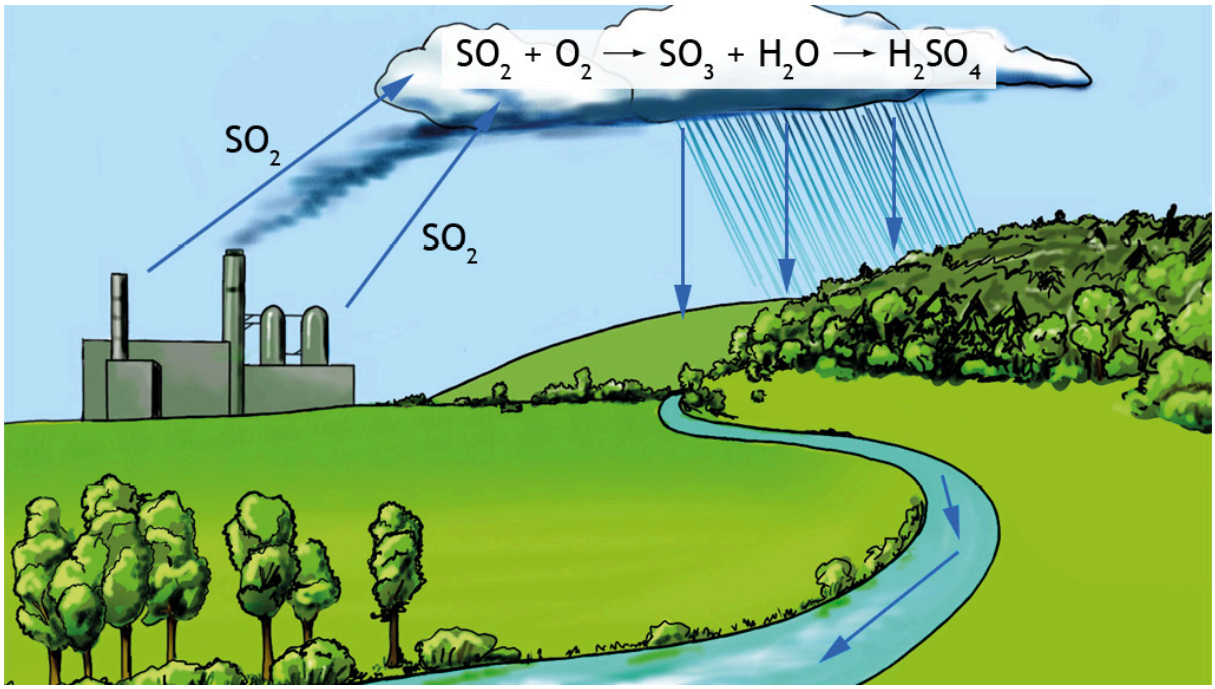
2. Zanieczyszczenia - problemy globalne

2.1. Zanieczyszczenia atmosfery

Źródłem zanieczyszczeń atmosfery mogą być procesy naturalne (wybuchy wulkanów, naturalne pożary) oraz działania człowieka (spalanie paliw kopalnych, a także pyły i gazy emitowane w przemyśle i transporcie). Ogólnie zanieczyszczenia powietrza dzielimy na pyłowe (substancjami stałymi) i gazowe.

Zanieczyszczenia atmosfery nie znają granic – wiatry łatwo rozprzestrzeniają je na wielkich obszarach. Dla biosfery szczególnie niebezpieczne są tlenki siarki (SO_x) oraz tlenki azotu (NO_x). Substancje te reagują z parą wodną zawartą w powietrzu i wracają na powierzchnię Ziemi w postaci tak zwanych kwaśnych deszczów. Kwaśne deszcze są główną przyczyną obumierania wielu lasów iglastych w Europie i w Ameryce Północnej oraz śmierci licznych organizmów wodnych. Powodują także straty w gospodarce człowieka, na przykład przyspieszoną korozję konstrukcji stalowych, niszczenie zabytkowych budowli i pomników. Tam, gdzie pada dużo kwaśnych deszczów, ludzie częściej zapadają na choroby układu oddechowego (astmę, alergie).

W monitorowaniu zanieczyszczeń powietrza tlenkami siarki ważną rolę odgrywają porosty.

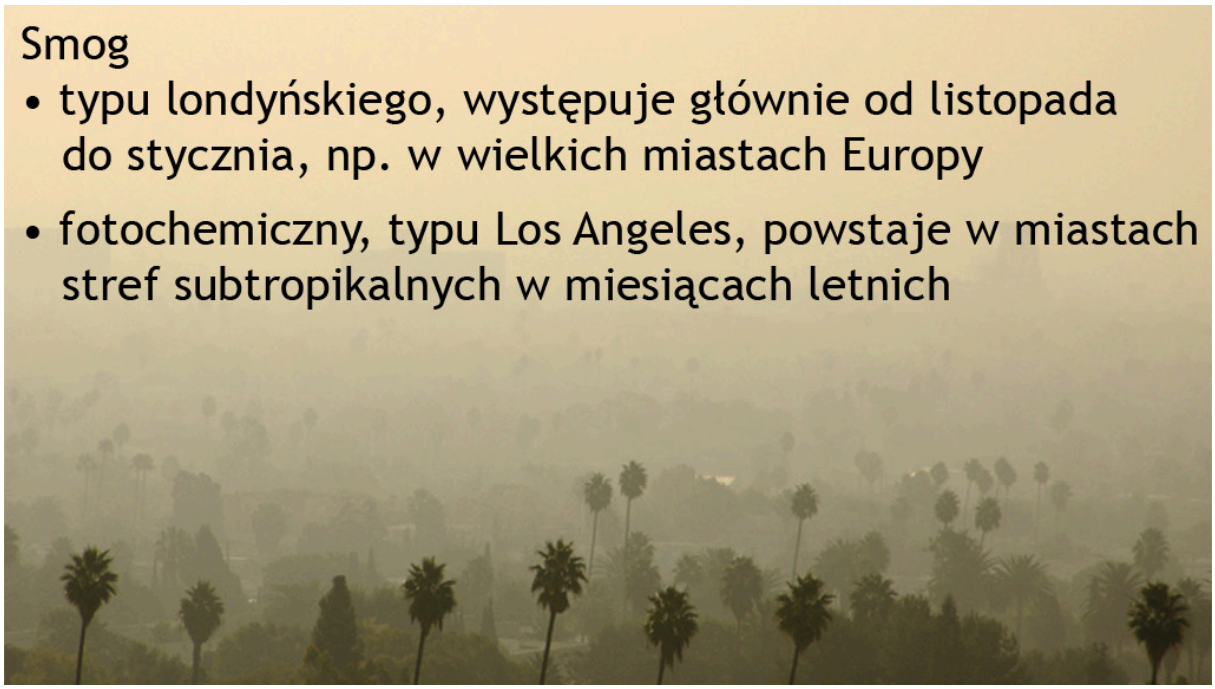


Tworzenie się kwaśnych deszczów

Uwaga: odczyn niektórych kwaśnych deszczów w Polsce jest niższy niż pH = 3.

2.2. Zjawisko smogu

Jednym z negatywnych skutków uprzemysłowienia i urbanizacji jest nienaturalne zjawisko atmosferyczne – **smog**. Powstaje on, gdy w powietrzu znajduje się duża ilość zanieczyszczeń gazowych lub pyłowych spowodowanych działalnością człowieka, a warunki atmosferyczne są niekorzystne (duża wilgotność powietrza i brak wiatru). Wyróżniamy dwa rodzaje smogu: londyński i fotochemiczny (smog typu Los Angeles).



Zanieczyszczenia powietrza (Los Angeles, USA)

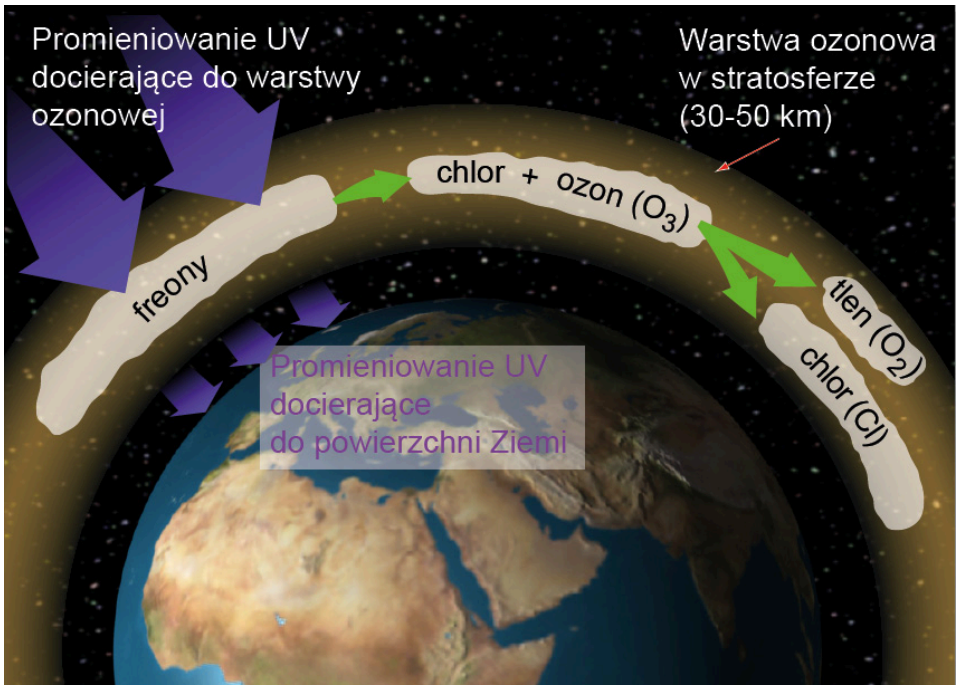
Smog londyński (nazywany niezbyt ściśle mgłą przemysłową) tworzą głównie tlenki: siarki, azotu, węgla oraz sadza. Zimą 1952 r. w Londynie doszło do katastrofy. Podczas gęstej mgły gazy i pyły pochodzące z kominów mieszkań i fabryk opalanych węglem kamiennym utworzyły wielką chmurę smogu. W ciągu kilkunastu dni smog doprowadził do śmierci kilku tysięcy Londyńczyków (większość zmarła na skutek niewydolności płuc).

Smog fotochemiczny tworzą głównie składniki spalin samochodowych: tlenki węgla, azotu i węglowodory, które ulegają reakcjom fotochemicznym (zachodzącym w świetle słonecznym). Powstają wówczas silnie szkodliwe substancje chemiczne (m.in. ozon) powodujące podrażnienie oczu, dróg oddechowych ludzi, a także uszkodzenia roślin. Smog fotochemiczny przyczynia się do wzrostu zachorowań na astmę. Niestety, obecnie smog pojawia się także nad wieloma miastami Polski centralnej i południowej.

Zanieczyszczenia powietrza w Szanghaju (Chiny)

2.3. Dziura ozonowa

Dla całego systemu przyrodniczego Ziemi zagrożeniem jest zmniejszanie się grubości **warstwy ozonowej,** która pochłania docierające do Ziemi promieniowanie ultrafioletowe (UV). Prawdopodobną przyczyną zanikania warstwy ozonowej są **freony** – związki węgla, fluoru i chloru używane w chłodziarkach, klimatyzatorach oraz do produkcji kosmetyków aerozolowych. Freony łatwo ulatniają się do atmosfery, gdzie uwalniają chlor. Gaz ten reaguje z ozonem, niszcząc jego cząsteczki. Skutkiem wieloletniego używania freonów jest powiększająca się dziura ozonowa nad Antarktydą. Obecnie freony zastępowane są przez substancje nieszkodliwe.



Niszczenie warstwy ozonowej - istota procesu

2.4. Globalne ocieplenie

Duże zaniepokojenie wzbudza także **globalne ocieplenie**, czyli szybki wzrost temperatury na Ziemi (szacunkowo w ciągu ostatnich 100 lat o ok. 0,75°C). Jest ono skutkiem narastania **efektu cieplarnianego** (szklarniowego). Efekt cieplarniany jest zjawiskiem naturalnym, ale możliwe, że nasila się ze względu na zwiększanie się zawartości takich gazów cieplarnianych, jak para wodna, dwutlenek węgla i metan. Wielu badaczy uważa, że notowany ostatnio wzrost temperatury na Ziemi jest spowodowany działaniami człowieka (głównie emisją CO_2 i sadzy), inni sądzą, że zmiany są naturalne.

Jeśli globalne ocieplenie będzie postępowało, może wywołać katastrofalne skutki, między innymi podniesienie się poziomu oceanów, nasilenie gwałtownych zjawisk atmosferycznych oraz wielkie susze.

Efekt cieplarniany - istota procesu

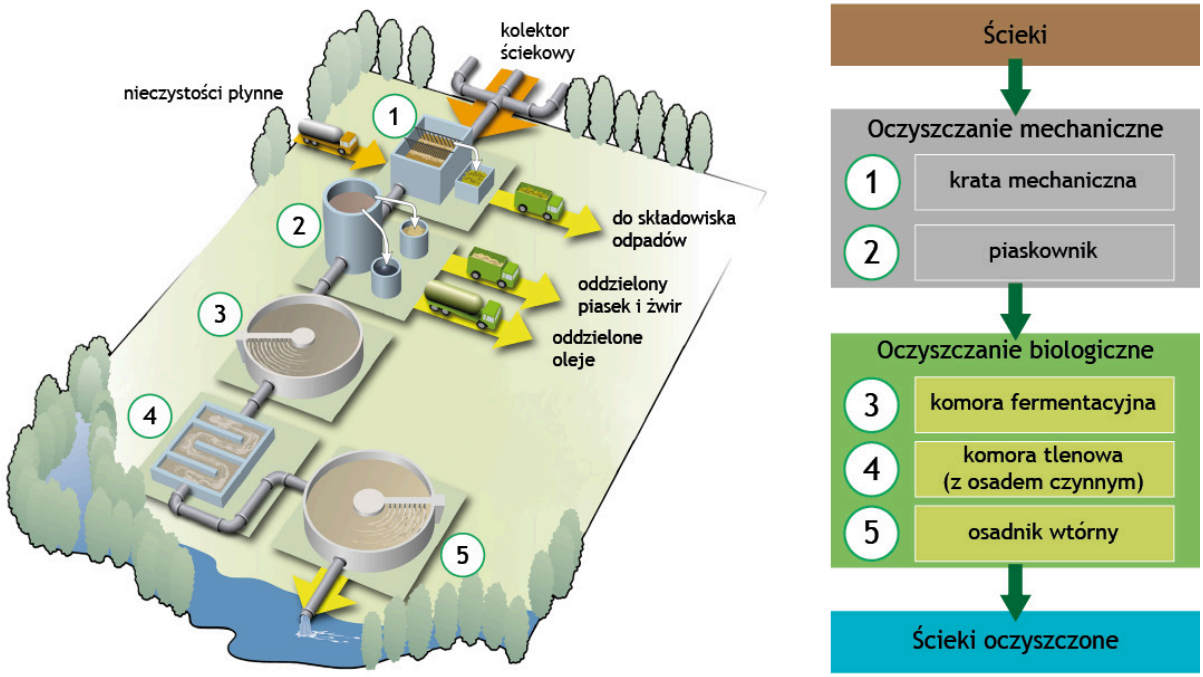
2.5. Zanieczyszczenia wód

Źródłem **zanieczyszczeń hydrosfery** są procesy naturalne, na przykład wymywanie soli żelaza z podłoża, i działania człowieka – ścieki komunalne, przemysłowe i spływ nawozów z terenów rolniczych. Zanieczyszczenia antropogeniczne możemy podzielić na biologiczne (bakterie, wirusy, grzyby, glony) oraz chemiczne (produkty ropopochodne, nawozy sztuczne, środki ochrony roślin, kwasy mineralne). Nadmierne wzbogacenie zbiorników wodnych w sole mineralne i substancje organiczne to **eutrofizacja** (przenawożenie). Jej skutkiem może być nawet zanik wszystkich organizmów tlenowych.

Zanieczyszczenia wód są zjawiskiem powszechnym

Stopień zanieczyszczenia wody określa się na przykład mierząc stężenie rozpuszczonego w niej tlenu (mniejsze niż 9 mg/dm3 świadczy o zanieczyszczeniu wód związkami organicznymi, spadek poniżej 4 mg/m^3 oznacza obumieranie wielu organizmów wodnych). Do oceny zanieczyszczenia wód stosuje się także metody biologiczne uwzględniające obecność charakterystycznych organizmów. Obecnie w Polsce stosuje się obowiązującą w Unii Europejskiej pięciostopniową klasyfikację wód różnej jakości.

Dla ochrony wód wielkie znaczenie mają **oczyszczalnie ścieków**. W Polsce liczba oczyszczalni stosujących wszystkie trzy metody (stopnie) oczyszczania – **mechaniczną**, **biologiczną** i **chemiczną** – wciąż jest zbyt mała. Na szczęście liczba małych i średnich oczyszczalni dwustopniowych szybko rośnie.



Nowoczesna biologiczna oczyszczalnia ścieków (dwustopniowa)

Jakość oczyszczonych ścieków zależy od typu oczyszczalni. Zasadniczo oczyszczalnie ścieków komunalnych (z gospodarstw domowych) są dwustopniowe. W oczyszczalniach dwustopniowych ścieki poddawane są oczyszczeniu mechanicznemu i biologicznemu, po czym woda odprowadzana jest do rzeki lub jeziora. Ścieki przemysłowe dodatkowo podlegają oczyszczeniu chemicznemu. Oczyszczanie chemiczne polega na neutralizowaniu substancji chemicznych niedających się rozłożyć w procesie oczyszczania biologicznego (np. toksyn, metali ciężkich).

Ciekawe!

Dwustopniowa oczyszczalnia - zasada działania (por. rycina powyżej):

I STOPIEŃ - oczyszczanie mechaniczne (wstępne)

Oczyszczanie mechaniczne polega na usuwaniu z dopływających ścieków zanieczyszczeń stałych. Na prętach kraty mechanicznej zatrzymywane są największe ciała, tzw. skratki (np. szmaty, szkło), a w piaskowniku odcedzany jest piasek. Oczyszczanie mechaniczne eliminuje ze ścieków oleje i tłuszcze. W oczyszczaniu mechanicznym wykorzystywane są m.in. procesy odcedzania i sedymentacji (opadania cząstek stałych).

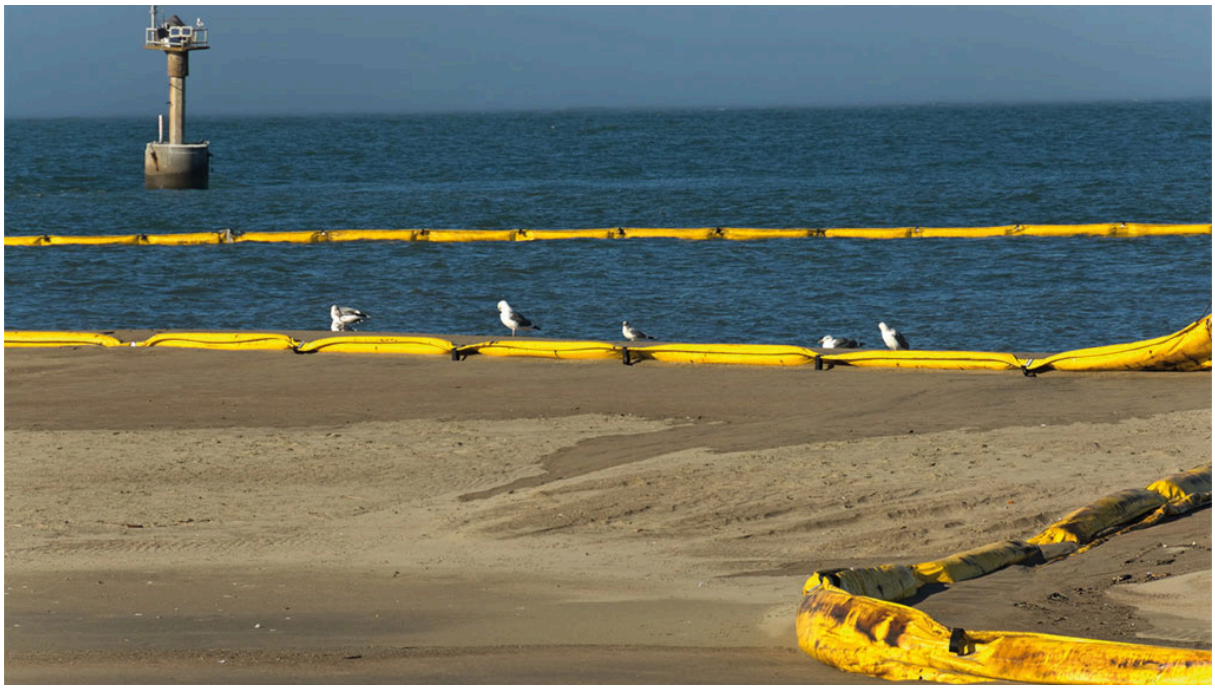
II STOPIEŃ - oczyszczanie biologiczne (zasadnicze)

Oczyszczanie biologiczne polega na rozkładzie rozpuszczonych w ściekach związków organicznych. Proces oczyszczania rozpoczyna się w komorach fermentacyjnych, a kończy w komorach tlenowych. Istotną rolę w oczyszczaniu biologicznym pełnią mikroorganizmy osadu czynnego (tworzą go głównie bakterie i pierwotniaki). W wyniku złożonych procesów zachodzących z ich udziałem substancje organiczne ulegają utlenieniu i mineralizacji.

Ostatnia faza oczyszczania polega na oddzieleniu osadu czynnego ze ścieków oczyszczonych (klarowaniu).

O skali zagrożenia wyciekami ropy świadczą wielkie **katastrofy ekologiczne**. Na przykład po katastrofie tankowca Exxon Valdes w 1989 r. skażeniu uległo prawie 19 500 km wybrzeża Alaski. Statek przewoził ładunek ponad 200 tys. ton ropy i wszedł na skały w Zatoce Księcia Williama. Prawie połowa ładunku wyciekła i mimo mobilizacji wszystkich służb ratowniczych oraz pomocy tysięcy wolontariuszy, samych mew zginęło ponad 250 tys.

Jeszcze większą katastrofę ekologiczną wywołał niedawny wybuch głębokowodnej platformy wiertniczej Deepwater Horizon w Zatoce Meksykańskiej (2010 r.). Platforma uległa całkowitemu zniszczeniu. Zanim zatamowano wyciek, do morza dostało się ponad 660 tys. ton ropy. Negatywne skutki gospodarcze i przyrodnicze dla południowych stanów USA są ogromne.



Zapory powstrzymujące rozlewanie się plam ropy naftowej (brzeg Bałtyku)

2.6. Wylesianie

Innym wielkim współczesnym problemem jest **wylesianie**, czyli proces zmniejszania powierzchni terenów leśnych. Ogromny wpływ na środowisko ma masowe wycinanie lasów tropikalnych (głównie w dorzeczu Amazonii) oraz rosyjskiej tajgi. Całkowite wylesienie prowadzi do powodzi, suszy, a także osunięć ziemi i lawin błotnych (na stromych zboczach tylko lasy powstrzymują proces erozji gleb). Zatem wycinając masowo lasy, trzeba pamiętać, że sukcesja ekologiczna jest procesem powolnym i zwykle nie prowadzi do odtworzenia pierwotnych ekosystemów. Tych lasów już nie odzyskamy!

Zniszczony fragment lasów równikowych w Kolumbii

2.7. Podsumowanie

1. Do największych zagrożeń zaliczamy dzisiaj zanieczyszczenia atmosfery (m.in. zjawisko smogu), zanieczyszczenia wód, efekt cieplarniany, niszczenie warstwy ozonowej i wylesianie.

2. Człowiek podejmuje szereg działań zmierzających do zatrzymania degradacji biosfery.

3. Idea ochrony przyrody

3.1. Wstęp

Dla ochrony całej biosfery zasadnicze znaczenie ma **koncepcja zrównoważonego rozwoju** (ekorozwoju). Zakłada ona, że cele społeczno-gospodarcze muszą być realizowane w zgodzie z celami środowiskowymi (uwzględniającymi ochronę przyrody). Nasza cywilizacja będzie mogła dalej się rozwijać, jedynie łącząc wszystkie te cele. W przeciwnym razie nie uda nam się zachować podstawowych ekosystemów i różnorodności biologicznej. Nikt zaś nie wie, co wówczas może się wydarzyć i jaki będzie to miało wpływ na całą ludzkość.

Pojedyncze gatunki obejmowano **ochroną** już kilkaset lat temu. Były to działania podyktowane ochroną interesów ekonomicznych władców, na przykład Bolesław Chrobry zakazał polowań na bobry, Władysław Jagiełło powstrzymał wycinanie cisów oraz polowania na łosie i jelenie. W kantonach dzisiejszej Szwajcarii w XIII w. próbowano chronić ptaki tępiące szkodniki upraw (a więc pośrednio – wysokość plonów). Z kolei w Danii w XVII w. zakazano wycinania lasów.

Obecnie populacja bobra w Polsce jest bardzo liczna

Działania dla dobra powszechnego podjęto dopiero w połowie XIX w.,

gdy stało się jasne, że w przyrodzie zachodzą niepokojące zmiany. Jednym z pierwszych na świecie aktów prawnych, obejmujących ochroną konkretne organizmy żyjące na określonym obszarze, była **ustawa Sejmu Galicyjskiego z 1868 r.** Ochroną objęto wówczas żyjące w Tatrach zwierzęta, między innymi kozice i świstaki. Cztery lata później utworzono Park Narodowy Yellowstone w USA.

W polskich Tatrach żyje tylko kilkaset kozic

Współczesna ochrona przyrody obejmuje różne działania na poziomie pojedynczych krajów (regulacje prawne: konstytucje, ustawy i rozporządzenia) oraz na poziomie międzynarodowym (liczne konwencje i deklaracje). W Polsce podstawowym aktem prawnym jest ustawa o ochronie przyrody z 2004 r.

3.2. Porozumienia i konwencje międzynarodowe

Dla ochrony przyrody w skali globalnej wielkie znaczenie miał opublikowany w 1969 r. **raport Sithu U Thanta** zatytułowany „Człowiek i jego środowisko". Wówczas cały świat się dowiedział, że rosnąca liczba ludności, niewłaściwe gospodarowanie zasobami przyrody, zanieczyszczenia i wymieranie licznych gatunków stanowią zagrożenie dla istnienia całej cywilizacji. Podjęto wówczas międzynarodową współpracę

na rzecz przyrody. W Sztokholmie (Szwecja) w 1972 r. uchwalono międzynarodową deklarację określającą wspólne zasady ochrony środowiska. W 1992 r. w Rio de Janeiro (Brazylia) odbył się **Szczyt Ziemi**. Podczas tego spotkania podsumowano efekty działań podjętych po konferencji sztokholmskiej i podpisano **konwencję o różnorodności biologicznej**.

Rio de Janeiro – miejsce Szczytu Ziemi, gdzie przyjęto zasady ekorozwoju

Jak trudne są porozumienia międzynarodowe, pokazał **szczyt klimatyczny,** który odbył się w 2009 r. w Kopenhadze. Przed rozpoczęciem szczytu deklarowano wspólne ustalenie sposobów i skali redukcji emisji CO_2 do atmosfery, jednak żadnych ustaleń nie podjęto.

Mimo problemów współpraca w Unii Europejskiej układa się dobrze. Przykładem jest projekt **Natura 2000**. Obejmuje on bardzo rozległą sieć terenów, które mają chronić bioróżnorodność (w tym także dzikie ptaki) i pozwolić zachować naturalne siedliska w całej Europie. Obszary sieci Natura 2000 zajmują prawie 11% powierzchni Polski.

3.3. Organizacje pozarządowe

Ochroną przyrody zajmują się liczne organizacje pozarządowe. W Polsce od 1928 r. działa **Liga Ochrony Przyrody** (LOP), która aktywnie popularyzuje idee ochrony przyrody i zajmuje się gatunkami zagrożonymi. Do najbardziej znanych organizacji międzynarodowych należą: IUCN (ang. *International Union for Conservation of Nature*), czyli **Światowa Unia Ochrony Przyrody i Jej Zasobów** oraz WWF (obecnie *World Wide Fund for Nature*), czyli **Światowy Fundusz na Rzecz Przyrody**.

IUCN powstała w 1948 r. i od wielu lat publikuje międzynarodową Czerwoną Księgę gatunków roślin i zwierząt zagrożonych wyginięciem. Poza listą gatunków w księdze znajdują się informacje o przyczynach zagrożeń i konkretne propozycje metod ochrony.

wymarłe (ang. *extinct*), oznaczone znakiem †

wymarłe na wolności (ang. *extinct in the wild*) - pojedyncze okazy mogą żyć w hodowlach i ogrodach zoologicznych

krytycznie zagrożone (ang. *critically endangered*) - gatunki najbardziej zagrożone wyginięciem

zagrożone (ang. *endangered*) - przypisuje się im wysokie ryzyko wymarcia w niedalekiej przyszłości

narażone (ang. *vulnerable*) - gatunki, które mogą wymrzeć stosunkowo niedługo, choć nie tak szybko jak zagrożone

bliskie zagrożenia (ang. *near threatened*) - gatunki bliskie zaliczenia do kategorii narażone

najmniejszej troski (ang. *least concern*)

Kategorie zagrożenia gatunków wg IUCN

Fundusz **WWF** powstał w 1961 r., a jego misją jest powstrzymanie degradacji środowiska naturalnego naszej planety. Obecnie WWF jest jedną z największych międzynarodowych organizacji działających na rzecz ochrony środowiska naturalnego. Przyczynił się do ochrony wielu ginących gatunków zwierząt oraz unikalnych miejsc przyrody (m.in. brał udział w powstaniu ponad 270 parków narodowych w krajach całego świata). Od prawie 20 lat WWF działa także w Polsce. Angażuje się między innymi w ochronę wilków, niedźwiedzi i rysi, oraz szczególnie cennych przyrodniczo rzek (Rospudy, Biebrzy) i lasów w Polsce południowo-wschodniej.

Czarno-biała panda wielka jest rozpoznawalnym na całym świecie symbolem WWF

3.4. Podsumowanie

1. Coraz powszechniejsza jest świadomość konieczności upowszechnienia zasad zrównoważonego rozwoju (ekorozwoju).

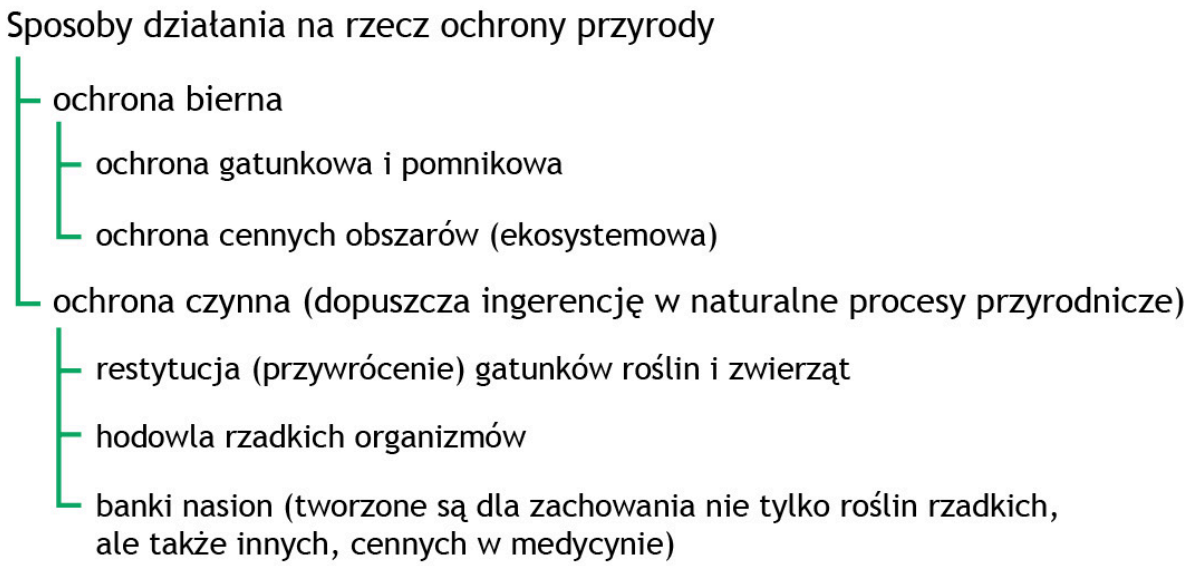
2. Dla ochrony całego środowiska przyrodniczego wielkie znaczenia mają zarówno inicjatywy międzynarodowe (np. projekt Natura 2000), jak i ustawodawstwo poszczególnych państw (np. ustawa o ochronie przyrody w Polsce).

3. Szczególną rolę w ochronie przyrody odgrywają różne organizacje, np. Światowa Unia Ochrony Przyrody i Jej Zasobów, Światowy Fundusz na Rzecz Przyrody czy Liga Ochrony Przyrody.

4. Formy ochrony przyrody

4.1. Formy ochrony

Ochrona przyrody może mieć charakter bierny lub czynny. **Ochrona bierna** polega na zabezpieczaniu obiektów przyrodniczych. Celem jest zachowanie zagrożonych i ginących gatunków (ochrona gatunkowa, ochrona miejsc lęgowych ptaków), ekosystemów i krajobrazów (obszary chronione) oraz pojedynczych drzew, utworów geologicznych (ochrona pomnikowa, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne).



Grzybów, roślin i zwierząt objętych **ochroną gatunkową** nie wolno zbierać, zabijać, płoszyć, przetrzymywać ani nimi handlować. Zabronione jest też niszczenie ich naturalnych siedlisk. W ten sposób chronione są przede wszystkim gatunki rzadko występujące i zagrożone wyginięciem. Odpowiednie rozporządzenie ministra środowiska zawiera aktualną listę wszystkich gatunków roślin, grzybów i zwierząt objętych ochroną w Polsce (znajduje się na niej prawie 900 gatunków).

Ryś euroazjatycki objęty jest w Polsce całkowitą ochroną

Ochrona gatunkowa może być **całkowita** lub **częściowa**. Ochroną częściową objęte są na przykład rośliny lecznicze, które można pozyskiwać tylko na podstawie specjalnych pozwoleń! Ochronę zwierzyny łownej zapewnia prawo łowieckie.

4.2. Obszary chronione

Krajowy system obszarów chronionych ma przede wszystkim służyć zachowaniu terenów cennych pod względem przyrodniczym. Formami ochrony obszarowej są parki narodowe, rezerwaty, parki krajobrazowe i obszary chronionego krajobrazu.

Obszary chronione

- parki narodowe
- rezerwaty
  - leśne
  - florystyczne
  - faunistyczne
  - geologiczne
- parki krajobrazowe
- strefy chronionego krajobrazu

Parki narodowe tworzy się na terenach o szczególnej wartości przyrodniczej (z najcenniejszymi ekosystemami). W parkach realizowane są wszystkie formy ochrony przyrody, a działalność gospodarcza człowieka ograniczona jest do minimum. Wokół parków narodowych wyznaczone zostały otuliny – strefy, które mają chronić parki przed zanieczyszczeniami. Obecnie w Polsce mamy 23 parki narodowe, których łączna powierzchnia nieznacznie przekracza 1% powierzchni kraju. W Polsce każdy park narodowy ma obszar większy niż tysiąc hektarów i własną administrację. Ze względu na wartość przyrodniczą część naszych parków narodowych uznano za światowe rezerwaty biosfery.

Parki narodowe w Polsce (por. 4.5. Lista PN)

Rezerwat jest wydzielonym obszarem, który chroni cenne ekosystemy (m.in. rezerwaty leśne, wodne), gatunki (rezerwaty florystyczne i faunistyczne) lub elementy przyrody nieożywionej (rezerwaty geologiczne). Rezerwaty można też podzielić na ścisłe i częściowe. W rezerwatach ścisłych zabroniona jest wszelka działalność człowieka, w częściowych – jest dopuszczona pod pewnymi warunkami (np. gospodarka leśna). W Polsce istnieje prawie 14 tys. rezerwatów zajmujących tylko około 0,5% powierzchni kraju.

Parki krajobrazowe tworzy się na obszarach cennych pod względem przyrodniczym, kulturowym i historycznym. W parkach krajobrazowych można użytkować grunty rolne i leśne pod warunkiem, że nie narusza to równowagi ekologicznej. Możliwa jest też działalność gospodarcza nieszkodząca środowisku naturalnemu. Obecnie w Polsce jest ponad 120 parków krajobrazowych.

Obszary chronionego krajobrazu to rozległe tereny o dużej różnorodności ekosystemów. Często są otulinami parków narodowych, ale ich podstawowym zadaniem jest ochrona terenów rekreacyjnych (m.in. przez zakaz budowy obiektów przemysłowych szkodliwych dla środowiska). W Polsce istnieje 450 obszarów chronionego krajobrazu.

Uzupełnieniem systemu obszarów chronionych są **zespoły przyrodniczo-krajobrazowe**, czyli tereny o dużych walorach estetycznych i widokowych (fragmenty krajobrazu naturalnego mieszają się tam z krajobrazem kulturowym). W zespołach przyrodniczo-krajobrazowych działalność gospodarcza nie jest ograniczana, ale nie może niszczyć walorów przyrodniczych i kulturowych.

Parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu i zespoły przyrodniczo-krajobrazowe pełnią też rolę **korytarzy ekologicznych** pozwalających na swobodne przemieszczanie się zwierząt.

Ochroną bierną objęto także obiekty niewielkie, ale cenne przyrodniczo i kulturowo. Dla nich stworzono dwie podstawowe kategorie: pomniki przyrody oraz użytki ekologiczne. **Pomnikami przyrody** są najczęściej stare drzewa (np. kilkusetletni dąb „Bartek” koło Zagnańska w województwie świętokrzyskim), wielkie głazy narzutowe oraz ciekawe jaskinie i wodospady. W Polsce ochroną pomnikową objęto ponad 30 tys.

obiektów.

Dęby szypułkowe - pomniki przyrody (Szymanowice, gmina Klimontów)

Użytkami ekologicznymi są obiekty zbyt małe do stworzenia rezerwatu, na przykład oczka wodne, kępy drzew, starorzecza i stanowiska gatunków rzadkich lub chronionych, ich ostoje oraz miejsca rozmnażania się.

Użytek ekologiczny - fragment torfowiska (Kąpino, gmina Wejherowo)

4.3. Ochrona czynna

Ochrona bierna polega na wyłączeniu obiektów przyrodniczych spod wpływu człowieka. W wypadku **ochrony czynnej** człowiek ingeruje w przyrodę, ponieważ tylko w ten sposób może chronić zagrożone gatunki lub ekosystemy. Przykładem takiej celowej ingerencji jest koszenie łąki, na której rosną rzadkie gatunki roślin naczyniowych (w przeciwnym razie sukcesja ekologiczna doprowadziłaby do powstania w tym miejscu lasu). Częścią ochrony czynnej jest też hodowla rzadkich i ginących zwierząt, głównie prowadzona w ogrodach zoologicznych. W ten sposób udało się ocalić **żubra** – dzisiaj symbol Białowieskiego Parku Narodowego.

Nową formą ochrony czynnej są **banki nasion** różnych roślin cennych pod względem przyrodniczym i gospodarczym.

4.4. Podsumowanie

1. Istnieją dwie podstawowe formy ochrony przyrody: bierna i czynna.

2. Park narodowy jest najbardziej kompleksową formą ochrony określonego obszaru. W parkach narodowych działalność człowieka ograniczona jest do minimum.

3. Inne formy ochrony przyrody w Polsce to: rezerwaty przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu i obszary wchodzące w skład systemu Natura 2000. Rezerwaty przyrody są obszarami wydzielonymi w celu ochrony ekosystemów, gatunków lub elementów przyrody nieożywionej. Parki krajobrazowe chronią obszary cenne pod względem przyrodniczym, kulturowym i historycznym. Obszary chronionego krajobrazu to rozległe tereny o dużej różnorodności ekosystemów i chronione przed degradacją tereny rekreacyjne. Uzupełnieniem systemu obszarów chronionych są zespoły przyrodniczo-krajobrazowe. Łączność poszczególnych systemów tworzy na terenie kraju tak zwane korytarze ekologiczne.

4. Uzupełniającymi, niewielkimi formami ochrony przyrody są: pomniki przyrody, stanowisko dokumentacyjne, użytki ekologiczne i zespoły przyrodniczo-krajobrazowe.

5. Do czynnych form ochrony przyrody należą hodowle rzadkich i

ginących gatunków (w ogrodach botanicznych oraz zoologicznych) oraz tworzenie banków nasion.

4.5. Lista polskich parków narodowych

Uwaga: Parki Narodowe ułożyliśmy w porządku alfabetycznym. Przy każdym podaliśmy też oficjalną stronę internetową.

Babiogórski PN 1954 rezerwat biosfery UNESCO http://www.bgpn.pl

Charakterystyka: Babiogórski PN został utworzony na obszarze Beskidów Zachodnich, obejmując przede wszystkim odosobniony masyw górski – Babią Górę. Unikalne walory przyrodnicze Parku, tj. zachowana strefowość wysokogórska (aczkolwiek obniżona o kilkaset metrów), wynikająca w dużej mierze ze specyficznej budowy geologicznej, sprawiła, że Park został uznany za rezerwat biosfery UNESCO.

W Parku występuje wiele endemicznych gatunków roślin i zwierząt.

Cele Parku: ochrona różnorodności przyrodniczej, walorów krajobrazowych Babiej Góry, odtworzenie obszarów (siedlisk) zniekształconych w wyniku działalności człowieka, edukacja ekologiczna.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa, gatunkowa

Białowieski PN 1932 rezerwat biosfery UNESCO (obiekt wpisany na Listę Światowego

Dziedzictwa Kulturalnego i Przyrodniczego) http://www.bpn.com.pl

Charakterystyka: **Białowieski Park Narodowy** był pierwszym parkiem narodowym utworzonym w Polsce i jednym z pierwszych w Europie. Obejmuje ostatni w Europie fragment lasu o charakterze pierwotnym, który stał się ostoją dla zagrożonego żubra. W 1979 r. został wpisany na listę światowego dziedzictwa UNESCO. Jeden z siedmiu na świecie i trzech w Europie transgranicznych obiektów dziedzictwa światowego, który tworzy wraz z białoruską częścią puszczy.

Cele Parku: ochrona różnorodności biologicznej, zachowanie stabilności ekosystemów, ochrona gatunków roślin, zwierząt i grzybów, wraz z ich siedliskami, dążenie do zachowania ciągłości tych gatunków, rekonstruowanie siedlisk przyrodniczych zniekształconych przez działalność człowieka, edukacja ekologiczna, promocja w zakresie ochrony przyrody.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa

Biebrzański PN 1993 http://www.biebrza.org.pl

Charakterystyka: **Biebrzański Park Narodowy** jest największym parkiem narodowym w Polsce oraz jednym z większych w Europie. Swoim obszarem obejmuje dolinę Biebrzy od jej źródeł, aż do ujścia do Narwi. Charakterystycznym elementem krajobrazu Parku są rozległe torfowiska - słynne Bagna Biebrzańskie, które stanowią ostoję dla ptaków wodno-błotnych. Z tego też powodu dolina Biebrzy została wpisana na listę siedlisk konwencji RAMSAR – dotyczy ona mokradeł o znaczeniu międzynarodowym, zwłaszcza pod względem zamieszkiwania tych terenów przez ptactwo wodno-błotne.

Cele Parku: ochrona unikalnych na skalę europejską, zagrożonych siedlisk

bagienno-torfowych, wraz z rzadkimi i zagrożonymi wyginięciem ekosystemami roślinnymi i gatunkami zwierząt. Ochrona walorów krajobrazowych, a także biotopów ważnych dla ochrony awifauny, edukacja ekologiczna.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa

Bieszczadzki PN 1973 rezerwat biosfery UNESCO http://www.bdpn.pl

Charakterystyka: **Bieszczadzki Park Narodowy** jest trzecim największym parkiem narodowym w Polsce i jedynym, który chroni środowisko Karpat Wschodnich wraz z występującymi tam gatunkami endemicznymi.

Puszcze Bieszczadzkiego PN obfitują w wiele populacji ssaków oraz ptaków, szczególnie drapieżnych. Osobliwością jest piętro połonin, w którym występuje charakterystyczna tylko dla Karpat Wschodnich roślinność oraz rzadkie gatunki wysokogórskich zwierząt bezkręgowych. Ze względu na te walory przyrodnicze Bieszczadzki Park Narodowy wraz z otaczającymi go parkami krajobrazowymi wszedł w skład Bieszczadzkiego Międzynarodowego Rezerwatu Biosfery ‘Karpaty Wschodnie’.

Cele Parku: ochrona dużych zwierząt zamieszkujących puszcze wschodnio karpackie, edukacja ekologiczna zarówno turystów, jak i społeczności lokalnej – w ramach programu UNESCO “Człowiek i biosfera” (MaB), ochrona walorów przyrodniczych Karpat Wschodnich.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa

Park Narodowy Bory Tucholskie 1996 (kaszub. Nôrodny Park Tëchòlscze Bòrë) rezerwat biosfery UNESCO http://park.borytucholskie.info/

Charakterystycznymi elementami krajobrazu **Parku Narodowego Bory Tucholskie** są równiny sandrowe, wytopiska oraz rynny (przykład jezioro Charzykowskie), powstałe podczas ostatniego zlodowacenia. Osobliwością Parku są wydmy śródlądowe. Na terenie Parku znajduje się wiele jezior.

Cele Parku: zachowanie i ochrona unikalności krajobrazu sandrowo-pojeziernego, szczególnie jezior.

Typy ochrony: ścisła, czynna

Drawieński Park Narodowy 1990 http://www.dpn.pl

Charakterystyka: ponad 80% powierzchni Parku zajmują lasy bukowe i dębowo-bukowe. Park przecinają rzeki Drawa i Płociczna, znajdują się w nim także liczne jeziora wraz z unikalnym jeziorem Czarnym. Bieg rzeki Drawy, szczególnie jej przełom o charakterze górskim, uznawany jest za jeden z najpiękniejszych szlaków kajakowych.

Cele Parku: ochrona walorów przyrodniczych, ze szczególnym uwzględnieniem siedlisk gatunków roślin zagrożonych; ochrona fauny w celu zachowania jej dla przyszłych pokoleń, szczególnie gatunków już wpisanych do Czerwonej Księgi; ponowne zarybienie wód Puszcz,

szczególnie introdukcja łososia, działalność edukacyjna.

Typy ochrony: ścisła, czynna, gatunkowa

Gorczański Park Narodowy 1981 http://www.gorczanskipark.pl

Charakterystyka: teren Parku obejmuje północno-wschodnią oraz środkową część Gorców. Szczyty są łagodne, pasmo przecinają spływające z gór potoki, tworząc wiele wodospadów. Charakterystyczną cechą są głębokie wąwozy, liczne źródła, oryginalne twory skalne (Białe Skały, Czubaty Groń) i jaskinie (Zbójnicka Jama).

Park należy do sieci Natura 2000 jako Obszar Specjalnej Ochrony Ptaków – „Gorce" – dzięki wielu rzadkim gatunkom ptaków występującym na jego terenie (m.in. głuszec, dzięcioł białogrzbiety).

Cele Parku: ochrona różnorodności przyrody, procesów przyrodniczych zachodzących na tym terenie.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa

Park Narodowy Gór Stołowych 1993 http://www.pngs.com.pl

Charakterystyka: obszar Parku obejmuje zbudowane z piaskowców Góry Stołowe. Ich unikalna forma jest wynikiem erozji, która wytworzyła sieć szczelin, labiryntów, blokowisk skalnych o najróżniejszych formach i

głębokościach. Nadaje to Górom Stołowym charakterystyczny kształt.

Cele Parku: ochrona wspaniałej przyrody Gór Stołowych, szczególnie przywrócenie naturalnego drzewostanu, który uległ zniekształceniu poprzez działalność człowieka (m.in. usuwa się gatunki niepożądane, jak daglezję zieloną) oraz restytucja jodły.

Typy ochrony: ścisła, częściowa, krajobrazowa

Ciekawostka: Muzeum Żaby – poprzez bogatą kolekcję płazów ma przybliżać idee ochrony tych zwierząt.

Kampinoski Park Narodowy 1959 rezerwat biosfery UNESCO http://kampinoski-pn.gov.pl

Charakterystyka: Kampinoski PN znajduje się w pradolinie Wisły. Najbardziej charakterystycznymi elementami krajobrazu Parku, poza puszczą, są najlepiej zachowane w skali europejskiej wydmy śródlądowe oraz tereny bagienne. Taka różnorodność krajobrazowa sprawia, że fauna i flora Parku jest bardzo zróżnicowana. Z uwagi na mnogość gatunków ptaków, Parlament Europejski uznał obszar Parku za ostoję ptaków o randze europejskiej.

Cele Parku: ochrona różnorodności przyrodniczej, wielu rzadkich gatunków zarówno roślin, jak i zwierząt, ochrona charakterystycznej mozaiki krajobrazu mazowieckiego, reintrodukcja wymarłych w tym miejscu gatunków (łoś, bóbr, ryś), utrzymywanie odpowiedniego poziomu wód, edukacja ekologiczna.

Typy ochrony: ścisła, czynna, częściowa, krajobrazowa

Karkonoski Park Narodowy 1959 rezerwat biosfery UNESCO http://kpnmab.pl

Charakterystyka: przyrodnicze walory Karkonoszy, a więc ich budowa geologiczna, doskonale widoczne elementy rzeźby lodowcowej, świat roślinny i zwierzęcy, sprawiły, że już w 1933 roku utworzono na ich terenie pierwsze rezerwaty przyrody obejmujące kotły polodowcowe i wiele pomników przyrody, głównie malowniczych skałek.

Cele Parku: ochrona różnorodności ekosystemu Karkonoszy, zarówno przyrody ożywionej, jak i nieożywionej; dążenie do przywrócenia jak najbardziej naturalnego stanu zasobów i składników przyrody oraz zrekonstruowanie siedlisk przyrodniczych zniekształconych przez działalność człowieka; promowanie zrównoważonego rozwoju ekonomicznego na poziomie lokalnym, popieranie badań naukowych oraz edukacji ekologicznej w celu skuteczniejszej ochrony przyrody.

Typy ochrony: ścisła, czynna, gatunkowa, krajobrazowa

Magurski Park Narodowy 1995 http://www.magurskipn.pl

Charakterystyka: Magurski PN chroni przede wszystkim unikalny w skali Karpat obszar przejściowy między Karpatami Zachodnimi i Karpatami Wschodnimi.

Cele Parku: ochrona określonych typów siedlisk przyrodniczych oraz

siedlisk istotnych dla chronienia poszczególnych gatunków roślin i zwierząt innych niż ptaki.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa, gatunkowa

Narwiański Park Narodowy 1996 http://www.npn.pl

Charakterystyka: cechy rozlewiska rzeki Narwi są unikatowe w skali świata. Ze względu na specyficzną sieć rozgałęziających się koryt i wysp powstających między nimi, Narew nazywana jest 'polską Amazonią'. Doskonale zachowane biocenozy i biotopy sprawiły, że dolina Narwi stała się ostoją ptaków lęgowych w skali europejskiej oraz jednym z najważniejszych zbiorowisk ptaków wodno-błotnych w Polsce.

Cele Parku: ochrona unikatowego charakteru doliny Narwi, szczególnie bogatej fauny ptaków, a także ekosystemów lądowych, edukacja ekologiczna.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa

Ojcowski Park Narodowy 1956 http://www.ojcowskiparknarodowy.pl

Charakterystyka: Ojcowski PN jest najmniejszym parkiem narodowym w Polsce. Obejmuje Dolinę Prądnika (wyżyna Krakowsko-Częstochowska) oraz Dolinę Sąspowską. Charakterystyczne elementy rzeźby geologicznej

na terenie Parku to przede wszystkim jaskinie, jary o głębokości dochodzącej nawet to 100 m, dolinki krasowe, wąwozy i ostańce. Z kolei terasy były idealnym miejscem budowy zamków – np. ruiny zamku w Ojcowie, zamek w Pieskowej Skale.

Najbardziej charakterystyczne elementy rzeźby Parku – jaskinie – powstały w wyniku krasowego działania wód. Najdłuższe z nich to: Jaskinia Łokietka, Ciemna, Zbójecka, Okopy Wielka Dolna, Sąspowska, Krakowska, Biała i Koziarnia. Jaskinie Łokietka i Ciemna są otwarte dla turystów.

Cele Parku: ochrona i konserwacja specyficznego środowiska muraw naskalnych i kserotermicznych (ciepłolubnych).

Typy ochrony: ścisła, czynna, częściowa, krajobrazowa

Pieniński Park Narodowy 1932 http://www.pieninypn.pl

Charakterystyka: obszar Pienińskiego PN obejmuje najbardziej charakterystyczną część Pienin Właściwych, to jest Masyw Trzech Koron, Pieniny Czorsztyńskie i Przełom Dunajca. Ze względu na walory przyrodnicze spływ tratwami po Dunajcu jest jedną z największych atrakcji na skalę europejską.

Cele Parku: przywrócenie stanu zbliżonego do naturalnego drzewostanów, które zostały zniszczone pod wpływem działalności człowieka (nasadzanie nowych drzew), ochrona czynna łąk – systematyczne koszenie i wywożenie siana, ochrona motyla - niepylaka apollo, reintrodukacja niektórych gatunków, na przykład sokoła wędrownego, ochrona płazów, edukacja ekologiczna i przyrodnicza.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa

Poleski Park Narodowy 1990 rezerwat biosfery UNESCO http://www.poleskipn.pl

Charakterystyka: teren Parku jest typowo równinny. Jego osobliwością są tereny podmokłe – bagna, torfowiska, a także wiele jezior i stawów, które zachowały się w naturalnym stanie, bez ingerencji człowieka aż od końca ery lodowcowej. Park obejmuje także najdalej na południowy zachód wysunięty obszar lasotundry w Europie. Ze względu na unikalność obszarów podmokłych, Poleski PN objęty jest ochroną w ramach konwencji RAMSAR.

Cele Parku: ochrona obszarów wodnych, torfowisk, wymierających gatunków, przywracanie terenów podmokłych do ich naturalnego stanu; edukacja ekologiczna, szczególnie dzieci i młodzieży.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa

Roztoczański Park Narodowy 1974 http://roztoczanskipn.pl

Charakterystyka: Park jest położony w Roztoczu Środkowym (obejmuje m.in. urozmaicone geologicznie tereny w dolinie rzeki Wieprz). Duży wpływ na faunę i florę tego regionu miał klimat, a dokładniej mieszanie się mas ciepłych i zimnych, dzięki czemu tutejsza flora obfituje w roślinność zarówno górską, jak i atlantycką, co z kolei miało wpływ na występującą na Roztoczu zwierzynę.

Cele Parku: ochrona środowiska przyrodniczego Parku, działania ochronne (wynikające z ochrony czynnej lub zachowawczej) w celu utrzymania najbardziej naturalnego stanu ekosystemu, badania naukowe, edukacja ekologiczna.

Typy ochrony: ścisła, częściowa, czynna, krajobrazowa

Ciekawostka: znajduje się tutaj ok. 400 drzew pomnikowych. Jodły osiągają najwyższe wymiary w Polsce (50 m wysokości, 470 cm obwodu i do 20 m^3 masy drzewnej).

Słowiński Park Narodowy 1967 rezerwat biosfery UNESCO http://slowinskipn.pl/pl/

Charakterystyka: Słowiński PN jest położony na wybrzeżu środkowym, obejmuje Mierzeję Łebską, Nizinę Gardeńsko-Łebską, morenę czołową ze wzgórzem Rowokół (najwyższym wzniesieniem 115 m n.p.m.) oraz kilka przymorskich jezior (ich osobliwością jest okresowe mieszanie się wody słonej ze słodką). Osobliwością Parku są unikatowe na skalę Europy ruchome wydmy. Teren Parku chroniony jest konwencją RAMSAR.

Cele Parku: ochrona unikatowych wydm ruchomych oraz systemu jezior pomorskich, bagien, torfowisk i nadmorskich borów, utrzymanie ciągłości gatunkowej, zachowywanie naturalnych siedlisk roślinnych i zwierzęcych, edukacja ekologiczna.

Typy ochrony: ścisła, czynna, krajobrazowa, gatunkowa

Świętokrzyski Park Narodowy 1950 http://www.swietokrzyskipn.org.pl

Charakterystyka: Góry Świętokrzyskie to najstarsze góry w Polsce. Choć nie są wysokie, zachwyca ich ciekawa budowa oraz bogata fauna i flora. Park znajduje się na terenie dawnej puszczy pokrywającej kiedyś niemal całą Wyżynę Kielecką, dlatego też jednym z najważniejszych zadań jest ochrona pierwotnej przyrody. Osobliwością Parku są gołoborza, czyli rumowiska skalne, których największe skupiska znajdują się na Łysej Górze i Łasicy.

Cele Parku: ochrona wyjątkowej, pierwotnej przyrody Gór Świętokrzyskich, działania mające na celu przywrócenie naturalnego stanu ekosystemów, szczególnie ochrona rodzimego gatunku modrzewia (modrzew polski), ochrona gatunków zagrożonych, edukacja ekologiczna.

Typy ochrony: ścisła, częściowa, krajobrazowa

Tatrzański Park Narodowy 1954 rezerwat biosfery UNESCO http://tpn.pl

Charakterystyka: Tatrzański PN to jedyny park w Polsce o charakterze wysokogórskim. Przez wieki przyroda mogła rządzić się własnym prawami z uwagi na fakt, że obszary wysokogórskie były trudno dostępne. Jednak w XIX w. przemysł, a szczególnie górnictwo, doprowadziło do ogromnych zniszczeń w środowisku tatrzańskim. Niezwykłe walory przyrodnicze tego

obszaru odkryto dopiero w XX w. Wtedy też rozpoczęto starania o utworzenie parku narodowego na wzór Parku Yellowstone w USA. Obecnie znaczną część Parku stanowią lasy, zarośla, kosodrzewiny oraz murawy wysokogórskie.

Cele Parku: ochrona przyrody Tatr, badania naukowe, edukacja, a także rekreacja w ramach nadrzędnej zasady poszanowania przyrody!

Typy ochrony: ścisła, częściowa, krajobrazowa

Park Narodowy Ujście Warty 2001 http://www.pnujsciewarty.gov.pl

Charakterystyka: najmłodszy z parków narodowych w Polsce. Swoim zasięgiem obejmuje ujście Warty do Odry w pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej. Główne elementy krajobrazu to rozległe łąki i pastwiska poprzecinane siecią kanałów oraz starorzeczy. Elementem charakterystycznym są zarośla wierzbowe. Teren Parku stanowi jedną z najważniejszych ostoi ptaków wodno-błotnych w kraju, jest także ważnym miejscem zimowania niektórych gatunków ptaków (łabędzia krzykliwego i niemego, kaczek, gęsi i bielików).

Cele Parku: ochrona cennych terenów podmokłych, rozległych łąk oraz pastwisk.

Typy ochrony: ścisła, częściowa, krajobrazowa

Wielkopolski Park Narodowy 1957 http://www.wielkopolskipn.pl

Charakterystyka: Park znajduje się nad rzeką Wartą. Charakterystycznymi elementami krajobrazu są liczne jeziora oraz rozległe obszary leśne. Rzeźba terenu ukształtowała się w epoce polodowcowej.

Cele Parku: ochrona polodowcowych form terenu oraz naturalnych ekosystemów, edukacja ekologiczna.

Typy ochrony: ścisła, częściowa, krajobrazowa

Wigierski Park Narodowy 1989 http://www.wigry.win.pl

Charakterystyka: Park jest położony w północnej części Puszczy Augustowskiej – największego zwartego kompleksu leśnego na Niżu Środkowoeuropejskim. Obszar Parku obejmuje swoim zasięgiem dorzecze rzeki Czarna Hańcza. Jest to jeden z największych parków narodowych w Polsce.

Cel Parku: ochrona przyrody w celu zachowania istniejącego stanu lub przywróceniu naturalnego stanu ekosystemów; działalności edukacyjna, badania naukowe, monitoring przyrody.

Typy ochrony: ścisła, częściowa, krajobrazowa

Woliński Park Narodowy 1960 http://www.wolinpn.pl

Charakterystyka: Woliński PN jest pierwszym w Polsce parkiem morskim. Przez jego teren przebiega trasa przelotu wielu ptaków. Osobliwościami Parku jest klifowe wybrzeże Bałtyku nad zalewem Szczecińskim oraz w okolicach góry Gosań i Kawcza. W skład obszaru Parku wchodzi unikalna wyspiarska delta rzeki Świny. Charakterystyczne są również dobrze zachowane lasy bukowe (buczyna pomorska).

Cele Parku: ochrona unikatowego wybrzeża klifowego oraz delty rzeki Świna; działalność edukacyjna oraz badawczo-naukowa.

Typy ochrony: ścisła, częściowa

5. Panel kontrolny Rozdziału XXI

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XXI (na www.terazwiedza.pl).

5.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Wpływ człowieka na środowisko

1. Wyjaśnij znaczenie pojęć: biosfera, zanieczyszczenia antropogeniczne.

2. Wymień przykłady wymarłych gatunków zwierząt i wytłumacz, w jakich okolicznościach doszło do ich wyginięcia.

3. Omów główne zanieczyszczenia środowiska, których źródłem jest rolnictwo.

4. Scharakteryzuj rodzaje zanieczyszczeń emitowanych przez nierolnicze gałęzie gospodarki.

5. Wytłumacz, w jaki sposób w rolnictwie, transporcie i przemyśle można minimalizować zagrożenia środowiska.

Polecenia do lekcji 2. Zanieczyszczenia – problemy globalne

1. Wymień i scharakteryzuj główne źródła zanieczyszczeń powietrza, wody i gleby.

2. Podaj trzy przykłady problemów środowiskowych o zasięgu globalnym.

3. Narysuj schemat ilustrujący tworzenie się kwaśnych deszczów.

4. Przedstaw w dowolnej formie główne przyczyny i skutki globalnego ocieplenia klimatu.

5. Uzasadnij konieczność segregowania odpadów.

6. Zaproponuj działania ograniczające zużycie wody i energii elektrycznej w gospodarstwach domowych.

Polecenia kontrolne do lekcji 3. Idea ochrony przyrody

1. Wyjaśnij główne założenia koncepcji zrównoważonego rozwoju.

2. Wymień przykłady historyczne świadczące o rozwoju idei ochrony przyrody w Polsce i na świecie.

3. Wykaż, że w XX w. podjęto międzynarodowe działania na rzecz ochrony przyrody i środowiska.

4. Scharakteryzuj zasadnicze kierunki funkcjonowania wybranych organizacji skupionych wokół idei zrównoważonego rozwoju.

Polecenia kontrolne do lekcji 4. Formy ochrony przyrody

1. Wytłumacz, na czym polega bierna i czynna ochrona przyrody.

2. Wymień i scharakteryzuj prawne formy ochrony przyrody w Polsce.

3. Opisz dwa polskie parki narodowe (jeden - położony najbliżej twojego miejsca zamieszkania, drugi - dowlnie wybrany, który uznasz za szczególnie interesujący). Przygotowując opis skorzystaj z oficjalnych stron internetowych.

4. Przedstaw argumenty za koniecznością wprowadzenia ochrony wybranych gatunków roślin, grzybów i zwierząt.

5. Opracuj zasady zachowania się podczas pobytu na terenie parku narodowego lub rezerwatu przyrody.

5.2. Ważne pojęcia

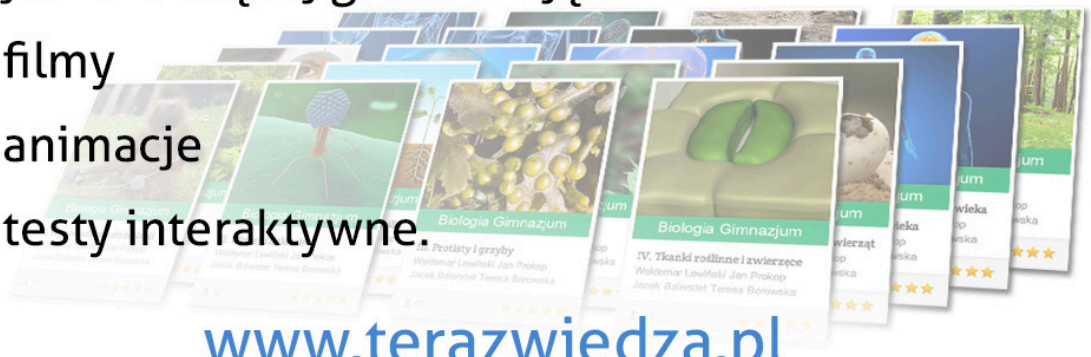
• biosfera • zanieczyszczenie środowiska • zanieczyszczenia antropogeniczne • wymieranie gatunków • herbicydy • insektycydy • zasoby przyrody: odnawialne, nieodnawialne • rekultywacja • urbanizacja • kwaśne deszcze (kwaśne opady) • smog londyński • smog fotochemiczny • ozon • dziura ozonowa • efekt cieplarniany • eutrofizacja • wylesianie • segregacja odpadów • recykling

• różnorodność biologiczna • zrównoważony rozwój • ochrona przyrody • raport Sithu U Thanta • Szczyt Ziemi • Program Natura 2000 • Liga Ochrony Przyrody (LOP) • Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody i jej Zasobów (IUCN) • Światowy Ruch na Rzecz Przyrody (WWF) • Czerwona Księga • kategorie zagrożeń

• formy ochrony przyrody: bierna, czynna • ochrona gatunkowa: całkowita, częściowa • krajowy system obszarów chronionych • parki narodowe • rezerwaty przyrody • parki krajobrazowe • obszary chronionego krajobrazu • zespoły przyrodniczo-krajobrazowe • korytarze ekologiczne • pomniki przyrody • użytki ekologiczne • banki nasion

System do nauki biologii online (LMS)

- jeszcze więcej grafik i zdjęć
- filmy
- animacje
- testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

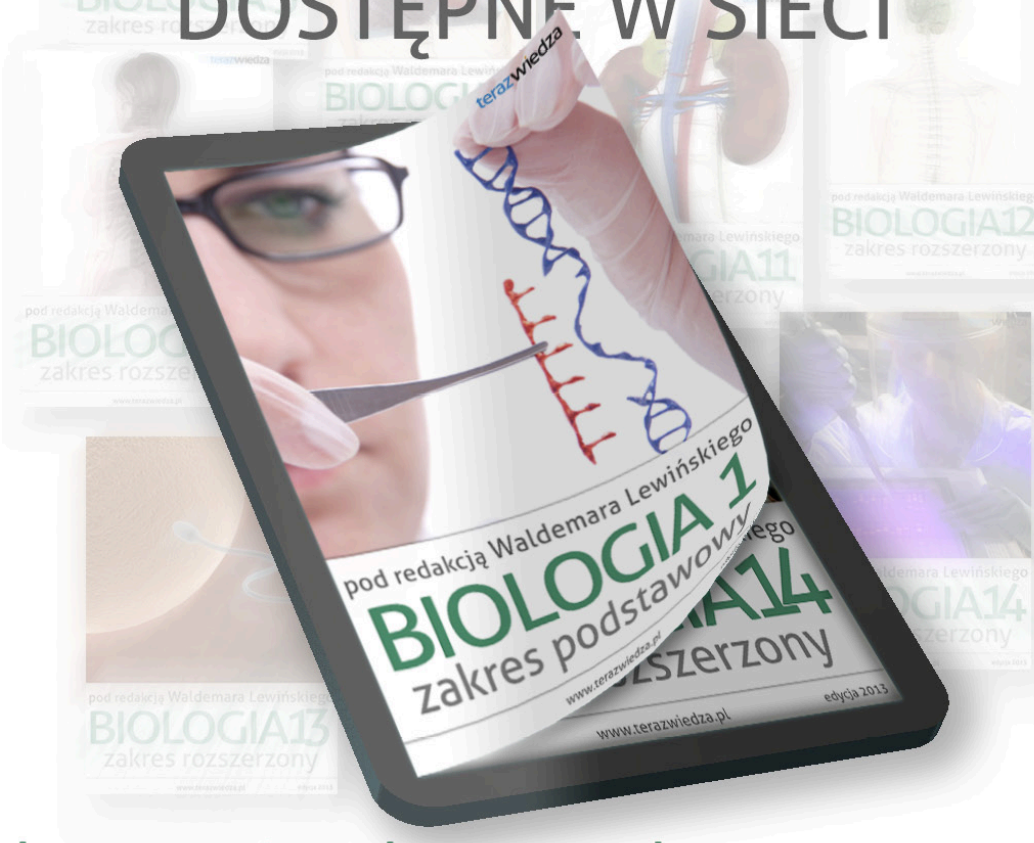
Sprawdź już teraz!

BIOLOGIA

LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCE

pod redakcją Waldemara Lewińskiego

PIERWSZE E-PODRĘCZNIKI JUŻ NIEDŁUGO DOSTĘPNE W SIECI



| smartfon | tablet | komputer |

Agencje fotograficzne: zdjęcia, grafiki i filmy

© Accent/Fotolia.com © Ackley Road Photos/Fotolia.com © alexonline/Fotolia.com © Alx/Fotolia.com © John Anderson/Fotolia.com © FLORIAN ANDRONACHE/Fotolia.com © Yuri Arcurs/Fotolia.com © arenysam/Fotolia.com © Ariusz/Fotolia.com © arsdigital.de/Fotolia.com © john Barber/Fotolia.com © Martina Berg/Fotolia.com © BlueOrange Studio/Fotolia.com © Iain Boyd/Fotolia.com © James Bradshaw/Fotolia.com © Alex Bramwell/Fotolia.com © Thomas Brandt/Fotolia.com © Steve Byland/Fotolia.com © Richard Carey/Fotolia.com © gavin Chapman/Fotolia.com © chuc.de/Fotolia.com © daniel cordonnier/Fotolia.com © cphoto/Fotolia.com © cris13/Fotolia.com © crisod/Fotolia.com © cristi180884/Fotolia.com © hakan çorbacı/Fotolia.com © dabjola/Fotolia.com © Andrea Danti/Fotolia.com © Roman Dekan © Garry DeLong/Fotolia.com © serge dherin/Fotolia.com © DirkR/Fotolia.com © Dmitry/Fotolia.com © Dob's Farm/Fotolia.com © eblue/Fotolia.com © EcoView/Fotolia.com © eichnersmith/Fotolia.com © emer/Fotolia.com © epantha/Fotolia.com © Ericos/Fotolia.com © ewanc/Fotolia.com © fafoutis/Fotolia.com © susan flashman/Fotolia.com © Bert Folsom/Fotolia.com © Fotografik/Fotolia.com © Fotoskat/Fotolia.com © Vladislav Gajic/Fotolia.com © Áment Gellért/Fotolia.com © Eric Gevaert/Fotolia.com © Yaroslav Gnatuk/Fotolia.com © Regis Gontier/Fotolia.com © GraphicHead/Fotolia.com © Tatiana Grozetskaya/Fotolia.com © GWH/Fotolia.com © haemengine/Fotolia.com © Ronnie Howard/Fotolia.com © Attila Huszti/Fotolia.com © Tim HvW/Fotolia.com © Eric Isselée/Fotolia.com © iMAGINE/Fotolia.com © ItinerantLens/Fotolia.com © ixvor/Fotolia.com © jespel/Fotolia.com © jscalev/Fotolia.com © StarJumper/Fotolia.com © JYF/Fotolia.com © Sven Kamin/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © Cathy Keifer/Fotolia.com © Trevor Kelly/Fotolia.com © Kelpfish/Fotolia.com © Katrin Koller/Fotolia.com © ktsdesign/Fotolia.com © Kaido Kärner/Fotolia.com © LaChinita/Fotolia.com © leafy/Fotolia.com © David Lefort/Fotolia.com © lioneldivepix/Fotolia.com © MAL

TAYLOR/Fotolia.com © Kev Maltese-Crottier/Fotolia.com © Petr Mašek/Fotolia.com © milosluz/Fotolia.com © Evgeniy Mitroshkin/Fotolia.com © Mopic/Fotolia.com © Nemo1024/Fotolia.com © Kai Michael Neuhold/Fotolia.com © NIK/Fotolia.com © Duncan Noakes/Fotolia.com © ostromec/Fotolia.com © outdoorsman/Fotolia.com © claudiu paizan/Fotolia.com © Luc PATUREAU/Fotolia.com © piai/Fotolia.com © Natalia Pavlova/Fotolia.com © Edyta Pawlowska/Fotolia.com © Paylessimages/Fotolia.com © peterka/Fotolia.com © Uros Petrovic/Fotolia.com © Michael Pettigrew/Fotolia.com © Geoff Pickering/Fotolia.com © thierry planche/Fotolia.com © Reena/Fotolia.com © Richard30d/Fotolia.com © Dave Riganelli/Fotolia.com © RKPHOTO/Fotolia.com © Pascal Rocha/Fotolia.com © Rodionov/Fotolia.com © Warren Rosenberg/Fotolia.com © Dmitry Rukhlenko/Fotolia.com © John Sandoy/Fotolia.com © Markus Schmid/Fotolia.com © Carola Schubbel/Fotolia.com © Ian Scott/Fotolia.com © sergeM/Fotolia.com © Roman Shiyanov/Fotolia.com © siloto/Fotolia.com © Natalia Sinjushina/Fotolia.com © Serj Siz`kov/Fotolia.com © Sam Slade/Fotolia.com © Carolina K Smith MD/Fotolia.com © Becky Stares/Fotolia.com © Artur Steinhagen/Fotolia.com © Studiotouch/Fotolia.com © svl861/Fotolia.com © sykors/Fotolia.co© Daniel Tackley/Fotolia.com © Régine TEMAM/Fotolia.com © Raymond Thill/Fotolia.com © Tramper2/Fotolia.com © Nicola Vernizzi/Fotolia.com © Weltenbummler/Fotolia.com © S.White/Fotolia.com © Aaron Whitney/Fotolia.com © willtu/Fotolia.com © Hartmut Wolf/Fotolia.com © yxowert/Fotolia.com © zampa/Fotolia.com © A. Zaytsev/Fotolia.com © Dušan Zidar/Fotolia.com © zobeedy/Fotolia.com © Wolfgang Zwicknagl/Fotolia.com © Andrzej/Fotolia.com © Angel_a/Fotolia.com © arsdigital.de/Fotolia.com © Arsha/Fotolia.com © artsocks/Fotolia.com © Svetlana Batura/Fotolia.com © Katrina Brown/Fotolia.com © Cekur/Fotolia.com © hakan çorbacı/Fotolia.com © laurent dambies/Fotolia.com © Mikael Damkier/Fotolia.com © Andrea Danti/Fotolia.com © Dom A/Fotolia.com © endostock/Fotolia.com © EastWest Imaging/Fotolia.com © Eric Gevaert/Fotolia.com © godfer/Fotolia.com © Ivan Grlic/Fotolia.com © grimplet/Fotolia.com © Ivan Hafizov/Fotolia.com © Irata/Fotolia.com © JANULLA/Fotolia.com ©

javarman/Fotolia.com © Doctor Kan/Fotolia.com © Irina Karlova/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © kelleyjoy/Fotolia.com © Michael Kempf/Fotolia.com © lightpoet/Fotolia.com © LightScribe/Fotolia.com © Taras Livyy/Fotolia.com © luxpainter/Fotolia.com © loic GESTIN/Fotolia.com © Yahia LOUKKAL/Fotolia.com © Dominique LUZY/Fotolia.com © Roslen Mack/Fotolia.com © mangostock/Fotolia.com © Xavier MARCHANT/Fotolia.com © michelangelus/Fotolia.com © motionstock/Fotolia.com © M&S Fotodesign/Fotolia.com © Nomad_Soul/Fotolia.com © nyul/Fotolia.com © OlgaLIS/Fotolia.com © OOZ/Fotolia.com © photka/Fotolia.com © Photosani/Fotolia.com © picsfive/Fotolia.com © Andrejs Pidjass/Fotolia.com © pressmaster/Fotolia.com © Dan Race/Fotolia.com © Warren Rosenberg/Fotolia.com © rusya m/Fotolia.com © spe/Fotolia.com © Artur Steinhagen/Fotolia.com © sumnersgraphicsinc/Fotolia.com © Sveta/Fotolia.com © Stephen Sweet/Fotolia.com © S_E/Fotolia.com © Andrzej Tokarski/Fotolia.com © urosr/Fotolia.com © Jeremy Wee/Fotolia.com © Robin Williams/Fotolia.com © Magdalena Żurawska/Fotolia.com © Manuela Alcer/Fotolia.com © asmik/Fotolia.com © Martina Berg/Fotolia.com © Bergfee/Fotolia.com © Clément Billet/Fotolia.com © Martin BN/Fotolia.com © Aleksander Bolbot/Fotolia.com © Christian Bridgwater/Fotolia.com © Sascha Burkard/Fotolia.com © Steve Byland/Fotolia.com © Caméléon/Fotolia.com © cbpix/Fotolia.com © LoonChild/Fotolia.com © Matthew Cole/Fotolia.com © Eli Coory/Fotolia.com © corepics/Fotolia.com © cpauschert/Fotolia.com © csourav/Fotolia.com © Les Cunliffe/Fotolia.com © Danicek/Fotolia.com © Philip Date/Fotolia.com © dmitriy/Fotolia.com © erectus/Fotolia.com © ermess/Fotolia.com © Flipper75/Fotolia.com © Cate Frost/Fotolia.com © GOL/Fotolia.com © Michael Gray /Fotolia.com© Eric Gevaert/Fotolia.com© Hedrus/Fotolia.com © lgunderson/Fotolia.com © Eric Isselée/Fotolia.com © JLV Image Works/Fotolia.com © Sven Kamin/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © Hennie Kissling/Fotolia.com © Dmitriy Kosterev/Fotolia.com © Gernot Krautberger/Fotolia.com © krishnacreations/Fotolia.com © Grigory Kubatyan/Fotolia.com © Tomasz Kubis/Fotolia.com © Kaido Kärner /Fotolia.com © Kaido Kärner /Fotolia.com © michael luckett/Fotolia.com

© Winston Lue/Fotolia.com © Graham Maddrell /Fotolia.com© Thierry Maffeis/Fotolia.com© mattei/Fotolia.com© Ilja Mašík /Fotolia.com © Vladimir Melnikov/Fotolia.com © mrslevite/Fotolia.com © Pawel Nawrot/Fotolia.com © Derrick Neill/Fotolia.com © Cloudia Newland/Fotolia.com © Tyler Olson/Fotolia.com © Andrew Orlemann/Fotolia.com © Jim Parkin/Fotolia.com © Philippe Perraud/Fotolia.com © pgm/Fotolia.com © photobar/Fotolia.com © Photofranck/Fotolia.com © Dmitry Pichugin/Fotolia.com© Lee Prince/Fotolia.com© Dariusz Pokus/Fotolia.com © Alexander Potapov/Fotolia.com © PSHAW-PHOTO/Fotolia.com © Celso Pupo/Fotolia.com © redrex/Fotolia.com © Norton Russell/Fotolia.com © Carlos Santa Maria/Fotolia.com © Leonid Smirnov/Fotolia.com © StarJumper/Fotolia.com © Lee Torrens/Fotolia.com © Valcho/Fotolia.com © Vanessa/Fotolia.com © Vanessa/Fotolia.com © Valery Vasilev/Fotolia.com © Ana Vasileva/Fotolia.com© Uwe Wittbrock/Fotolia.com © Serg Zastavkin/Fotolia.com © V. ZHURAVLEV/Fotolia.com © Oleg Znamenskiy/Fotolia.com © Zolran/Fotolia.com © 2roxfox/Fotolia.com Aristotle Altemps Inv8575 (Wiki, PD, Ludovisi Collection) © Vesalius De humani corporis fabrica (Wiki, PD, prawa wygasły) © Linneusz Systema Naturae (Wiki, PD, prawa wygasły) © Escherichia coli NIAID (Wiki, PD, autor Rocky Mountain Laboratories, NIAID, NIH) © 659px-Haeckel arbol bn (Wiki, PD, prawa wygasły) © 3-14 University of Texas (zgoda na wykorzystanie) © HIV-1 Transmission electron micrograph AIDS02bbb_lores (Wiki, PD, autor PD-USGov-HHS-CDC) © Streptococcus pneumoniae (Wiki, PD-USGov-HHS-CDC, autor Janice Carr) © Trypanosoma sp. PHIL_613_lores (Wiki, PD, autor CDC Dr Myron G Schultz) © Asteroxylon (XfrogPlants PREHISTORIC) © Mvey0290 (Wiki, PD, NOAA USA GOV) © Portuguese Man-O-War (Physalia_physalis) (Wiki, PD, autor US Gov Noaa - PD) © Montastraea cavernosa (Wiki, PD, NOaA) © Acropora pulchra (Wiki, uznanie autora Robert Kok) © Montastrea cavernosa (Wiki, PD, U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration) © Fasciola hepatica2 (Wiki, PD, autor Adam Cuerden) © Schistosoma_20041-300 (Wiki, copy free PD, autor David Williams Illinois State University) © Enlarged c elegans (Wiki, PD, autor National Human Genome Research Institute) © Cykada Delfy w lipcu 2013 (M. Makowska, zgoda na publikację) © Loch

Shin adder (Wiki, PD, autor Highlandtiercel) © Silkworm 01 (Wiki, PD, prawa wygasly The Century Dictionary and Cyclopedia 1913) © Herpes simplex virus TEM_B82-0474_lores (Wiki, PD, CDC Dr Erskine Palmer) © Sicklecells (Wiki, PD, USGov NIDDK) © Golden Rice (Wiki uznanie autorstwa International Rice Research Institute (IRRI)